GP 3

ISSN 0337 5587

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Centre de [redacted]cherches Antilles Guyane françaises

AMÉLIORATION des PLANTES
29. AVR. 1989
VERSAILLES

[redacted]

NOUVELLES AGRONOMIQUES DES ANTILLES ET DE LA GUYANE

NAA-24

trimestriel

1978

Vol. 4 N° 3/4

INRA

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 1978.

SOMMAIRE

J.A. TORIBIO, G. JACQUA.

Traitements fongicides contre l'anthracnose de l'igname.
(Fungicide treatments for yam (Dioscorea alata) anthracnose (Colletotrichum gloeosporioides) control).
(Tratamientos fungicidas para la lucha contral el autracnosis (Colletotrichum gloeosporioides) del name *(Dioscorea alata)* 147

G. MARCHOUX, F. KAAN, A. MIGLIORI.

Identification des virus et détermination des pathotypes infectant le poivron *(Capsicum annuum)* Guadeloupe. Variétés résistantes au virus Y de la pomme de terre.
(Identification of viruses and determination of pathotypes infesting peppers (Capsicum sp.) in Guadeloupe, varieties resistent to potato virus Y.).
(Identificación de virus and determinación de patotipos atacando pimentos (Capsicum sp.) en Guadeloupe. Variedades resistentes al virus de la papa (PVY)) 153

A. MIGLIORI.

Comportement de *Capsicum annuum* L. var Narval vis-à-vis du virus Y de la Pomme de terre.
(Behaviour of Capsicum annuum L. narval variety after inoculation with potato virus y (PVY).
(Comporiamiento de Capsicum annum L. variedad narval despues de inoculación con el virus Y de la papa) 172

H. TOUVIN.

Le sorgho, sa culture, ses utilisations.
(Sorghum : its growing and uses).
(El sorgo : su cultivo y sus utilizaciónes) 173

J. GOUSSELAND.

Utilisation de l'indice climatique CA de TURC (1976) dans une étude des potentialités agricoles de la Grande-Terre (Guadeloupe).
(Use of the TURCS (1976) climatic index (CA.) in a study of the agricultural potentialities of Grande-Terre (Guadeloupe).
(Empleo del indice climatico (C.A.) de TURC (1976) en un estudio de las potencialidades agricolas de Grande-Terre (Guadalupe) 189

F-A. DAUDET, P. ARCHER.

La simulation du bilan hydrique journalier pour l'avertissement à l'irrigation. Application à une étude fréquentielle des besoins en eau d'irrigation et des pertes d'eau par drainage ou ruissellement dans la région de Saint-François.
(Simulation of the daily water balance for irrigation application to a frequency study of irrigation water requirements and losses by draining or dripping in the Saint-François (Guadeloupe) area).
(Simulación del balance hidrico para la previsión del riego aplicación a un estudio frecuencial de las necesidades en agua de riego y de las peridídas de agua por drenage o chorro en la region de Saint-François (Guadeloupe) 208

R. BONHOMME, J.C. OMETTO.

Estimation du rayonnement net en fonction de l'insolation en zone tropicale.
(Net radiation estimation in function with insolation in tropical zone).
(Estimación de la radiación neta en relacion con la insolación en zona tropical).......... 229

M. CLAIRON, D. NAGOU.

Emploi de certains résidus urbains en culture intensive sous climat tropical.
(Use of city refuse in intensive cultivation under tropical climate).
(Empleo de compost de basuras en cultivo intensivo de clima tropical).......... 237

F. BAZILE, M. NAMORY, A. PARFAIT.

Epuration des eaux d'une unité expérimentale d'élevage.
(Purifying of the waters going out from an experimental animal husbandry farm).
(Purificación de aguas saliendo de una ganaderia experimental).......... 247

A. PARFAIT, B. GANOU-PARFAIT.

La flore des milieux fermentaires en rhumerie.
(Microbial inventory of the fermentation mass in rum industry).
(Inventario microbiano de las fermentaciones en la industria del ron).......... 261

Y. THEREZIEN, P. PLANQUETTE.

Possibilités d'aquaculture aux Antilles et en Guyane.
(Aquaculture possibilities in the french west and Guiana).
(Posibilidades de aquacultura en las Antillas y Guiana francesas).......... 275

G. FEBVAY.

Relations enzymatiques entre la fourmi-manioc *(Acromyrmex octospinosus)* son champignon *(Leucocoprinus gongylophora)* and the plant substratum.
(Enzymatic relations beetween the leaf-cutting ant (Acromyrmex octospinosus), its fungus (Leucocoprinus gongylophora) and the plant substratum).
(Relaciónes enzymaticas entre la hormiga cortadora (Acromyrmex octospinosus), su hongo (Leucocoprinus gongylophora) y la materia vegetal).......... 285

J. MARTINET, C. SAINT-FELIX, A. GUYARD.

Production primaire en province caraïbe. Essai bibliographique.
(Marine primary production in the Caribbean zone. Bibliographical review).
(Producción marina primaria en la zone del Caribe. Ensayo bibliografico).......... 301

J.F. CORNIC.

Influence de l'état hydrique du sol sur les pullulations d'*Exacolus guyanensis* Schedl. Scolyte du mahogany *(Swetenia macrophylla)* en Guadeloupe : une première approche.
(Influence of the soil water level on the swarming of Exacolus guyanensis schedl., mahogany (Swetenia macrophylla) bark bettle, in Guadeloupe : a first approach).
(Influencia del estado hidrico del suelo sobre las pululaciónes de Exacolus guyanensis schedl., escolitido de la caoba (Swetenia macrophylla) en Guadeloupe : una primera aproximación).......... 325

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 147-152, 1978.

TRAITEMENTS FONGICIDES CONTRE L'ANTHRACNOSE DE L'IGNAME

J.A. TORIBIO[°] G. JACQUA[°]

I - INTRODUCTION

L'anthracnose due au *Colletotrichum gloeosporioides* est l'une des principales maladies de l'igname (*Dioscorea* spp) dans toutes les zones de culture en milieu tropical. En Guadeloupe et Martinique, bien que la maladie soit connue antérieurement, ses premières manifestations épidémiques n'ont été observées qu'à partir de 1970, avec une période relativement calme entre 1974 et 1976. En 1977 - 1978, grâce aux conditions climatiques exceptionnelles qui ont favorisé le développement de la maladie pendant toute la culture, les pertes de production de tubercules chez différents cultivars de *D. alata* (Ignames blanches) ont atteint 80 à 100 p. 100. Le développement de l'épidémie a été également rendu possible par l'absence d'une pratique des traitements phytosanitaires dans les cultures vivrières aux Antilles alliée aux modifications des techniques culturales (la culture pure d'un cultivar remplace de plus en plus la culture de mélange de cultivars sur la même parcelle).

Le caractère encore largement traditionnel de la culture de l'Igname, de même que l'existence d'espèces et variétés résistantes à l'anthracnose expliqueraient dans une très large mesure, le peu de références bibliographiques sur les moyens de lutte chimique contre cette maladie. On ne peut guère citer que les travaux de SINGH et PRASAD (1966) en Inde.

En Guadeloupe, FOURNET et al. (1975), après avoir testé différents fongicides couramment rencontrés sur le marché local, ont montré l'efficacité de traitements au bénomyl associés ou non au mancozèbe. Cependant, la périodicité des traitements au bénomyl dans leurs essais (tous les 15 jours) semblait difficilement acceptable pour une culture qui a besoin d'être protégée 4 - 5 mois, compte tenu du coût élevé du produit.

Actuellement une prise de conscience de la nécessité des traitements fongicides pour protéger les meilleurs cultivars se fait jour aux Antilles. Certaines subventions ont également été accordées pour l'achat de produits et de matériels de traitement. Il nous a donc semblé utile de compléter ces travaux par la présente étude qui évalue l'efficacité du bénomyl appliqué à différents intervalles, ainsi que celle du chlorothalonil, contre cette maladie dans des conditions d'inoculation naturelle.

II - MATERIELS ET METHODES

La plantation a été réalisée le 1er août 1978 (ce qui correspond à l'une des deux époques traditionnelles de plantation, l'autre se situant en mai - juin).

a) Dispositif expérimental

Il était constitué de 3 blocs de 5 parcelles élémentaires traitées au Benlate (50 p. 100 de bénomyl) tous les 15,22 ou 30 jours, au Daconil (75 p. 100 de Chlorothalonil) tous les 15 jours, ou non traitées (témoin). Ces parcelles comprenaient chacune 6 plantes de 2 cultivars de *D. alata* : "Pacala", très sensible à l'anthracnose et "Lupias", moins sensible. Les plants étaient espacés de 40 cm sur des lignes distantes de 1,50 m.

(°) Station de Pathologie Végétale - I.N.R.A. Antilles-Guyane, Domaine Duclos
97170 Petit-Bourg (Guadeloupe)

b) Réalisation des traitements

1) Avant plantation, tous les fragments de tubercules servant de semenceaux ont été trempés pendant 10 minutes dans une suspension contenant 20 g de Benlate et 40 cm^3 d'Esteron GR (450 g/l de malathion ; limitation des attaques d'arthropodes du sol) pour 10 l d'eau.

2) Dès l'apparition des premières taches d'anthracnose, toutes les plantes ont été traitées en pulvérisation des parties aériennes avec une suspension de Benlate (10 g/10 l d'eau).

Le témoin ne recevra que les traitements (1) et (2) ; il s'agissait également pour nous de voir si on pouvait, dans la pratique, se limiter à ces seuls traitements.

3) Les autres traitements ont été réalisés de la même façon qu'en (2) mais à des périodicités différentes et, dans le cas du Daconil, à la dose de 30 g de produit pour 10 l d'eau.

c) Notation

L'intensité de la maladie sur les feuilles a été notée suivant une échelle allant de 0 (feuille ne présentant pas de tache) à 5 (feuille dont plus des 3/4 du limbe étaient noircis par l'anthracnose) (fig. 1). Nous avons pesé également les récoltes.

III - RESULTATS

Pendant la durée de l'essai, les conditions climatiques étaient favorables au développement de la maladie (fig. 2) : températures maximales comprises entre 26 et 30°C ; humidités relatives de l'ordre de 95 p. 100 ; précipitations abondantes, notamment les 3 premiers mois, favorisant la dissémination des conidies du *C. gloeosporioides*. Les premières taches d'anthracnose ont été observées un mois après plantation, le 6 septembre. La notation des feuilles et la récolte des tubercules ont été effectuées respectivement 4 et 6 mois après plantation.

Les résultats figurent au tableau 1 :

Tableau 1 - Effets des fongicides sur l'intensité de l'Anthracnose et sur la production de tubercules chez 2 cultivars de *D. alata* ("Pacala" et "Lupias").
(Effect of fungicides on intensy of Anthracnose and yield of tubers in 2 D ; alata cultivars ("Pacala" and "Lupias").

Fongicides[1]	Intensité de la maladie[2]		Poids de tubercules en kg[3]	
	"Pacala"	"Lupias"	"Pacala"	"Lupias"
Benlate 15	1.9 a [4]	1.6	16.43 d	10.63
Benlate 22	1.8 a	1.8	13.33 d	9.20
Benlate 30	2.4 b	1.5	18.00 d	12.20
Daconil	1.6 a	1.6	16.40 d	10.40
Témoin	3.2 c	1.9	7.57 e	10.77

1 - Fongicides : Benlate 15, 22, 30 : Benlate appliqué tous les 15, 22, et 30 jours, respectivement.
2 - Les chiffres représentent les notes par feuille (moyenne sur 40 feuilles par parcelle).
3 - Moyenne de 3 répétitions
4 - a, b, c, d, e, : les résultats suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents (p = 0,05).

En ce qui concerne les notes-maladie chez le cultivar Lupias, il n'y a pas de différence significative entre les parcelles traitées et le témoin. De plus l'infection se situe à un niveau relativement bas (notes variant de 1,6 à 1,9). Chez Pacala, les traitements Benlate 15, Benlate 22 et Daconil assurent la même protection (note de 1,6 à 1,9). Ils diffèrent significativement du traitement Benlate 30 (note de 2,4) lui même différent du témoin (note de 3,2).

L'examen de la production des tubercules chez Lupias montre un effet comparable des traitements qui ne diffèrent pas du témoin. Par contre chez Pacala, le témoin a une production réduite de près de moitié (7,57 kg contre 13,33 kg pour le traitement Benlate 22) au moins.

Aucune corrélation entre la note-maladie et la production de tubercules n'a été décelée.

IV - DISCUSSION

Dans cet essai les traitements minimum qui correspondent au témoin (c'est-à-dire le trempage des semenceaux avant plantation dans un bain de bénomyl + malathion, suivi d'une pulvérisation foliaire au bénomyl à l'apparition des premières taches) ne suffisent pas pour assurer un bon contrôle de la maladie sur le cultivar "Pacala". La note 3.2 d'intensité de la maladie obtenue dans ce cas représentait au champ des parcelles où les feuilles (les tiges également) avaient subi un noircissement important. La réduction de l'activité photosynthétique qui en a résulté s'est traduite par une diminution de moitié de la production. Chez le cultivar Lupias, beaucoup moins sensible à l'anthracnose, les différents traitements effectués n'apportent aucune amélioration par rapport au témoin. Ces observations confirment celles de FOURNET et al. (1975) selon lesquelles les traitements améliorent surtout le rendement des variétés très sensibles.

Les résultats de cet essai peuvent servir de base pour la lutte contre l'anthracnose de l'Igname aux Antilles puisqu'ils ont été obtenus à partir d'une culture réalisée en période très favorable à la maladie. Cependant les risques d'apparition de souches de *C. gloeosporioides* résistantes à ces fongicides incitent à entreprendre d'autres essais dans le but d'étendre la gamme de produits efficaces.

-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

FOURNET (J.), DEGRAS (L.), ARNOLIN (R.), JACQUA (G.). - Essais relatifs à l'anthracnose de l'Igname. Nouv. Agron. Antilles-Guyane, 1, 2, 115-122, 1975.

SINGH (R.D.), PRASAD (N.). - Efficacy of different fungicides for control of anthracnose of *Dioscorea alata*. Plant Dis. Reptr., 50, 6, 385-387, 1966.

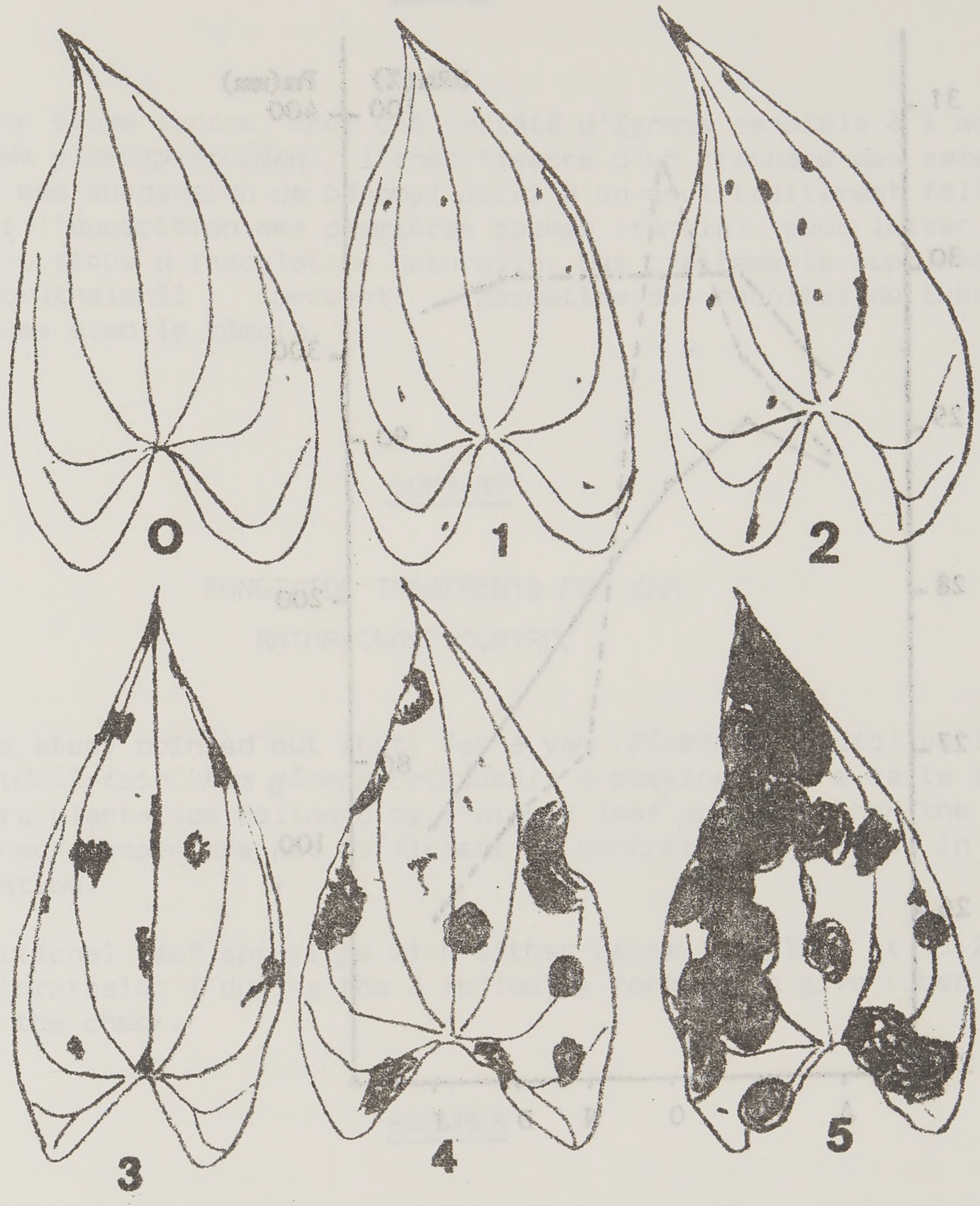


Fig. 1 - Echelle de notation de l'intensité des attaques de *Colletotrichum gloeosporioides* sur feuilles d'igname (les zones nécrosées sont en noir)

0 - feuille saine

1 - feuille présentant quelques taches à peine visibles

2 - feuilles avec des petites taches nécrotiques nettement visibles

3 - feuilles présentant des zones nécrotiques

4 - feuilles ayant plusieurs grandes taches ou dont plus de la moitié est nécrosée.

5 - feuilles dont plus des 3/4 du limbe sont nécrosés

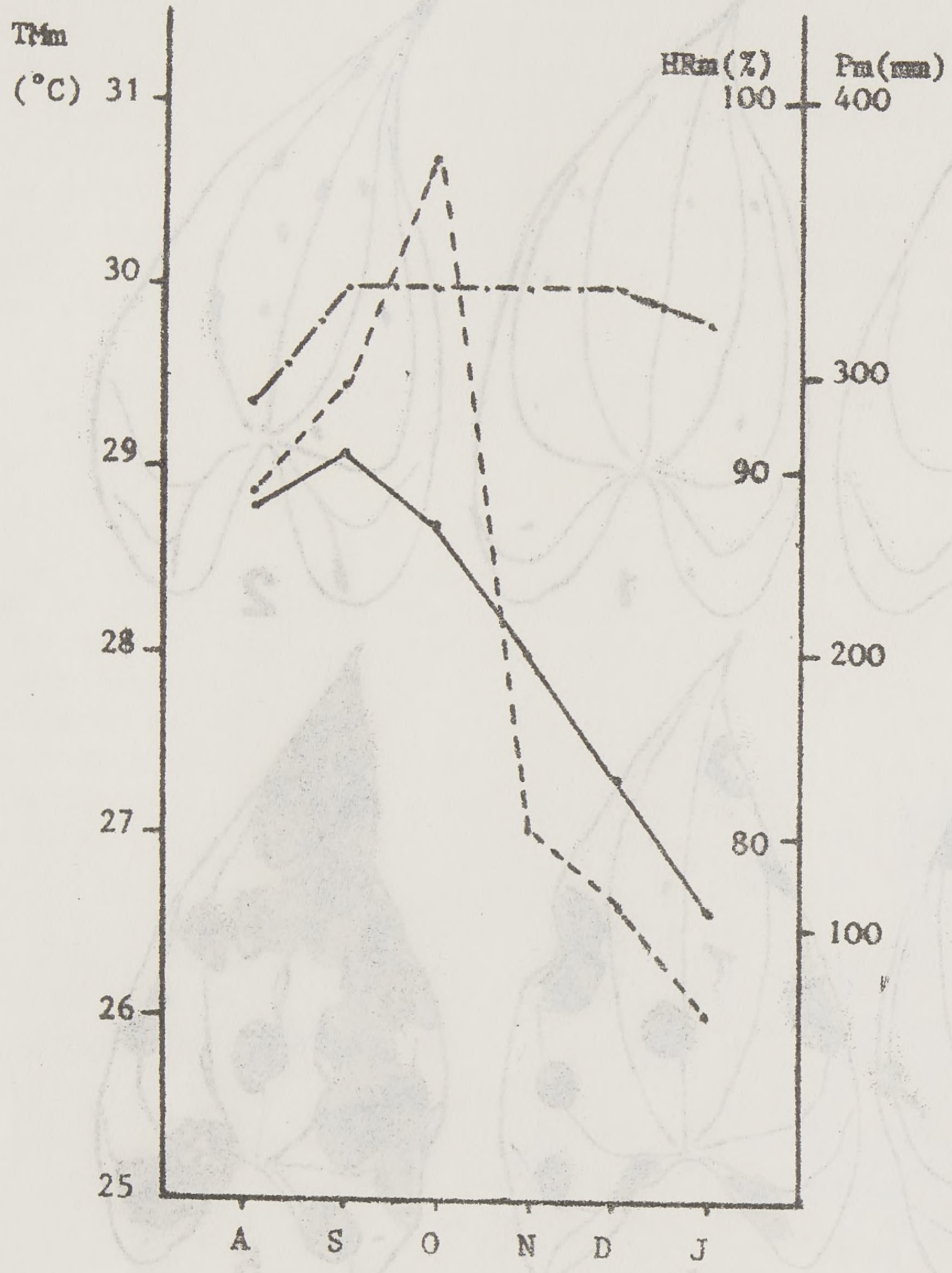


Fig. 2 - Conditions climatiques
ayant régné au cours de l'essai (Août 1978 à Janvier 1979) :

———= Températures maximales moyennes (TMm) en °C

·-----·= Précipitations moyennes (Pm) en mm

·—·—·= Humidités relatives moyennes (HRm) en %

Fig. 2 - Weather conditions
during the trial (August 1978 - January 1979) :

———= mean maximal temperatures (TMm) in °C

·-----·= mean rains (Pm) in mm

·—·—·= mean relative Humidities (HRm) in %

RESUME

Cette étude montre, chez une variété d'Igname sensible à l'anthracnose (due au *Colletotrichum gloeosporioides)*, l'insuffisance d'un trempage des semenceaux avant plantation dans une suspension de bénomyl suivi d'un seul traitement foliaire avec ce même fongicide à l'apparition des premières taches (témoin), pour lutter contre la maladie dans les conditions d'inoculation naturelle. Des traitements supplémentaires au bénomyl ou au chlorothalonil peuvent permettre des récoltes de tubercules doubles de celles obtenues avec le témoin.

SUMMARY

FUNGICIDE TREATMENTS FOR YAM

ANTHRACNOSE CONTROL

This study pointed out that, for a yam *(Dioscorea alata)* variety susceptible to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides)*, a soaking of the setts in a suspension of Benomyl before plantation followed by a single leaf spraying when the first spots appear on the check sample are not sufficient to control this disease in natural conditions of infestation.

Additional leaf sprayings with either Benomyl applied at 15,22 and 30 days intervals or chlorothalonil during the 3 following months can give tuber yields 100 p. 100 higher that the check.

RESUMEN

TRATAMIENTOS FUNGICIDAS PARA LA LUCHA

CONTRA EL AUTRACNOSIS DEL ÑAME

Este estudio evidenció que, para una variedad de ñame *(Dioscorea alata)* sensible al autracnosis *(Colletotrichum gloeosporioides)*, un remojo de las rizomas-semillas antes de la plantación en una suspensión de Benomyl seguido por un solo tratamiento foliar cuando aparecen las primeras manchas sobre el testigo para luchar contra esta enfemedad en las condiciones de inoculación natural.

Tratamientos suplementarios, con Benomyl y con interivalos de 15,22 y 30 dias o con chlorothalonil rociado cada dos semanas durante los 3 meses siguientes, pueden producir aumentos de rendimientos mas altos que 100 p. 100 en comparación con el testigo.

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 153-164, 1978.

IDENTIFICATION DES VIRUS ET DETERMINATION DES PATHOTYPES INFECTANT LE POIVRON EN GUADELOUPE

VARIETES RESISTANTES AU VIRUS Y DE LA POMME DE TERRE

G. MARCHOUX(°) - F. KAAN(°°) - A. MIGLIORI(°)

INTRODUCTION

Plusieurs virus dont le virus de la Mosaïque du Tabac et le Virus de la Mosaïque du concombre très ubiquistes et polyphages peuvent infecter les piments *capsicum sp.* sous tous les climâts. Le virus Y de la Pomme de Terre est probablement le virus le plus grave sur les piments, sous climat tropical ou subtropical. Dans la zone intertropicale américaine et notamment dans la région caraïbe, les attaques par ce virus ont été signalées depuis relativement longtemps.

(Floride, SIMONS 1956 ; Porto-Rico, ROQUE et ADSUAR 1941, PEREZ et ADSUAR 1955, Trinidad, DALE 1959, Venezuela, SALAS 1972).

En Guadeloupe, l'un de nous a mis en évidence l'abondance du PVY chez une variété de poivron *C. annuum* adaptée aux conditions climatiques antillaises (MIGLIORI, 1976).

L'expérimentation décrite ici avait pour objectifs d'éprouver dans nos conditions certaines variétés ou géniteurs résistants provenant d'autres parties du Monde, d'identifier les virus qui ont contaminé de façon naturelle ces variétés et enfin de préciser les pathotypes rencontrés.

I - MATERIEL ET METHODES

1.1. - Essai de comportement

1.1.1. - Choix des variétés

- Dix variétés ou cultivars ont été retenus pour les raisons suivantes :
- NARVAL (Lignée pure sélectionnée à partir de la population "Largo Valenciano : B 209)
  Variété à gros fruit et bien adapté aux conditions climatiques tropicales. (KAAN et ANAIS, 1977).
- Yolo Wonder poivron à gros fruit carré type californien.
- Yolo Y variété issue de la précédente (Cook, 1961) et résistante aux pathotypes 0, A, B et C du PVY

  Agronomico 8 (n° 585 et n° 601) de Sao Paulo : géniteur de résistance (Nagaï et Costa, 1971) conférant la tolérance vis-à-vis des pathotypes 0, A, B, C PVY (probablement allèles supplèmentaires de ya, POCHARD, 1977)
- Florida VR2, 118 et 23.1.7. BK. : Obtentions de COOK et coll. 1976, réputées résistantes au PVY en Floride.
- Doux d'Alger (Val) n° 2 et n° 4 : variété résistante aux pathotypes 0, 1, B et C du PVY (POCHARD, 1977)

1.1.2. - Préparation des plants

Le semis a été réalisé en jiffy-pots sous un abri grillagé. Un repiquage est effectué au stade 1ere feuille vraie en pots de 10 cm de diamètre dans du terreau désinfecté.

(°) Station de Pathologie Végétale - I.N.R.A. Antilles-Guyane, Domaine Duclos 97170 Petit-Bourg (Guadeloupe)

(°°) Station d'Amélioration des Plantes - Centre de Recherches Agronomiques - Ecole Nationale Agronomique - 9, place Viala - 34060 MONTPELLIER

La plantation est réalisée le 3 avril 1976 soit environ 2 mois après le semis.

1.1.3. - Parcelle expérimentale

La parcelle d'une surface d'environ 200 m^2 est située dans une exploitation maraîchère, au foyer de progrès agricole de Vieux-Habitants en côte sous le Vent de la Basse-Terre.

Les données climatiques et épidémiologiques de cette zone sont régulièrement suivies (Migliori et col. 1978). Pour certaines variétés la faiblesse de l'échantillon et la mauvaise levée des graines ont conduit à réduire l'effectif. (tableau 4 colonne 2)

1.1.4. - Notation des symptomes

Le nombre de plantes contaminées ainsi que le type de symptomes sont notés de façon bimensuelle. Pour simplification seulement trois relevés ont été reportés dans la colonne 3 du tableau 4.

1.2. - Méthode d'identification des virus

1.2.1. - Echantillonage

Dix plantes par variété (et les 5 plants restant en fin de culture pour la variété Florida VR2) ont été marquées. Elles ont été choisies pour couvrir toute la gamme des symptomes. Le prélèvement est effectué sur les jeunes feuilles présentant les altérations caractéristiques. Des plantes d'apparence saine sont également prélevées.

1.2.2. - Plantes - test

Trois virus ont été reconnus sur poivron en Guadeloupe (Migliori, 1976).

Une gamme d'hôtes réduite permet de les reconnaître par leurs propriétés biologiques (tableau 1)

1.2.3. - Méthode d'inoculation

Le prélèvement de tissus foliaires ramené au poids frais de 1 gramme est broyé au mortier dans une solution de HNa2 Po4 0,03 M additionnée de DIECA (2 pour mille).

L'inoculation est effectuée par frottis au doigt protégé d'un doigtier en latex en présence de carborundum 400 mesh et de charbon végétal activé (75 mg par ml de chacun des adjuvants).

Les plantes-test élevées sous abri grillagé y sont replacées après inoculation. Les symptomes sont notés dès après 4 jours et deux autres fois avant de les éliminer trois semaines après l'inoculation.

1.2.4. - Conservation des isolats

Trois grammes de tissus foliaires correspondant aux indexages positifs sont conservées en 3 fractions à 4°C sur une couche de chlorure de calcium, (Bos, 1969). Ces fractions sont reprises pour les analyses ultérieures de pathotypes.

1.2.5. - Méthodes physiques et sérologiques

Sur un nombre limité d'isolats le diagnostic apporté par les propriétés biologiques est confirmé par l'observation au microscope électronique des particules préparées selon la "dip-method", (Delecolle, 1979).

Dans le cas du CMV l'identification est confirmée par épreuve sérologique selon la méthode de micro-immunodiffusion en milieu gélosé (Devergne et Cardin, 1973).

1.3. - Caractérisation des pathotypes

1.3.1. - PVY

Il est possible de différencier six pathotypes selon les réactions observées chez une gamme de variétés sensibles ou de géniteurs de résistance du genre *Capsicum*, (Marchoux et col. 1974 ; Gebre Selassie et col. 1975 ; Pochard et col. 1975, Pochard 1977), (tableau 2)

1.3.2. - CMV

En Europe deux grands groupes de populations (désignés par les lettres B et C) sont distinguées notamment par le type de réaction observée chez le Tabac. (Marrou et col. 1974).

En Guadeloupe les populations qui appartiennent toutes au groupe C (Migliori et col. 1978) comprennent un pathotype "légumineuse" et un pathotype ordinaire ou non-légumineuse, (tableau 3).

II - RESULTATS

2.1. - Importance et évolution des contaminations

Trois variétés : Narval, Yolo Wonder et Yolo Y présentent près de 100 % de plantes virosées dès la première notation, un mois après la plantation.

/1.7. Les variétés 23/BK et Florida VR2 sont partiellement et progressivement attaquées au cours des mois suivants.

En raison de l'importance des effectifs les variétés FLORIDA 118, VAL 2, VAL 4 Agronomico 8 apparaissent résistantes ou tolérantes au champ vis-à-vis des contaminations par les virus.

2.2. - Virus identifiés (Tab. 4 col. 4)

On constate que les 3 variétés précédentes très sensibles sont contaminées, à plus de 90 % des cas, par le Virus Y de la Pomme de Terre. (PVY).

Ce virus est également présent chez les plants contaminés de la variété FLORIDA 118.

Presque toutes les autres contaminations sont le fait du Virus de la Mosaïque du Concombre notamment chez la variété Florida 23 1.7. BK.

Quelques infections sporadiques par le Virus de la Mosaïque du Tabac sont observées chez les variétés Narval, 23 BK et FLORIDA 118.

2.3. - Pathotypes rencontrés

2.3.1. - PVY

L'observation des symptomes au champ : marbrure, "Vein banding" indique la présence de souches communes ou ordinaires. Il ne semble pas y avoir de contaminations par la souche nécrosante.

En effet aucune plante de la variété Narval qui réagit par des nécroses en présence de ces types de souche n'a présenté ce symptome.

Ce résultat est confirmé par l'étude du comportement de 18 isolats, chez les variétés différentielles des différents pathotypes de PVY.

Les 18 isolats provenant des différentes variétés contaminées ont produit les réactions suivantes :

Variétés	Réactions	Résultat de la rétro-inoculation
Serrano Vera Cruz	Pas de symptomes	-
Florida VR2		-
Doux d'Alger	Eclaircissement des nervures	+
Porto Rico Wonder	("Vein claring") mosaïque en	+
Yolo Y	liseret vert foncé le long	+
Bastidon	des nervures	+

Le fait que les isolats de Guadeloupe sont pathogènes chez les variétés Porto-Rico Wonder, Yolo Y, et Doux d'Alger respectivement résistants aux pathotypes 0 ; 0, A, B et 0, A, B, C indique leur appartenance au pathotype D.

Cette appartenance est confirmée par la résistance des plants de Sérrano Vera Cruz et Florida VR2 (les contaminations observées au champ chez cette dernière variété s'expliquent probablement par une impureté variétable).

D'autre part, l'absence du pathotype A dans cet essai, est confirmée par l'absence de réaction nécrotique chez la variété Bastidon.

2.3.1. - CMV

Dix isolats sont éprouvés sur la gamme d'hôtes décrite au chapitre Matériel et Méthodes. (tableau 3)

Les résultats obtenus peuvent être résumés de la manière suivante :

Type de population		Nombre d'isolats
groupe C	Légumineuses	2
	non-légumineuses	6
	Mixtes	2
groupe B		0

III - DISCUSSION

3.1. - Virus identifiés

Le virus le plus fréquent est de loin le PVY qui peut infecter jusqu'à 100 % des plantes d'une culture sensible.

Le CMV, bien que bénéficiant sur cette exploitation avec la *Commelina diffusa* d'un réservoir important (Migliori et col. 1978), a une importance secondaire.

Le TMV n'est que sporadique.

Il est interressant de souligner que cette hierarchie des viroses est similaire à celle rencontrée en Floride (ANDERSON, 1959 ; ZITTER, 1972)

En revanche le TEV qui est important en Floride (ZITTER, 1972) et peut être à Cuba (Anaïs comm. personn.) ne semble pas pour l'instant présent en Guadeloupe.

3.2. - Pathotypes rencontrés

Dans le cas du CMV seul le pathotype C est caractérisé. Le pathotype B semble absent mais ce résultat est logique dans la mesure où celui-ci est thermosensible et celui-là thermorésistant (Marchoux et col. 1976).

D'autre part le pathotype "légumineuse" est moins fréquent que le pathotype "non-légumineuse" bien que ces deux populations soient à peu près à égalité chez *Commelina diffusa* (Migliori et col, 1978).

Chez le PVY on confirme l'absence du pathotype A nécrosant qui n'a été observé qu'une seule fois en 1975 à Petit-Bourg (Migliori 1976).

Tous les isolats étudiés renferment le pathotype D capable d'attaquer les variétés résistantes Doux des Landes et Yolo Y. On ne peut cependant pas écarter l'hypothèse que les isolats soient complexes et renferment les pathotypes B et C masqués par le pathotype D plus virulent (Marchoux et col, 1975).

Cette situation peut à nouveau être rapprochée de celle de la Floride. En effet dans cette région la dominance des pathotypes non nécrosants mais capables de supplanter les allèles de résistance les moins forts y est également notée (Cook, 1962 - 63 ; Zitter, 1972 ; Zitter et Cook, 1973).

3.3. - Variétés résistantes au PVY

Les variétés Agronomico 8, Florida VR 2, et 23 1.7. BK ne sont pas contaminées par le PVY dans les conditions naturelles et résistent aussi à l'inoculation mécanique avec les isolats de PVY récoltés en Guadeloupe en 1976.

Comme les années précédentes, la variété Narval, issue de B 209 Largo Valenciano, est infectée à 100 %. Son feuillage présente des symptomes de "Vein banding" indiscutables alors que la croissance générale de la plante et également la production des fruits ne semblent pas très altérés. Il serait interessant de confirmer cette observation en comparant, à l'abri des contaminations, des plants inoculés et des plants sains. (Migliori, 1978,).

Tableau 1 - Gamme d'hôtes et réactions différentielles des quatre principaux virus du piment.

Virus / Hôtes	CMV*	TMV*	PVY*	TEV*
Vigna sinensis var. Black	Lesions locales et (ou) mosaïque généralisée.	généralement pas de réaction	Immune	Immune
Vigna radiata (phaseolus aureus)	Lesions locales	pas de réaction	Immune	Immune.
Nicotiana tabacum var. Xanthi nc	Marbrure ou mosaïque	Lésions locales petites	Marbrure mosaïque le long	Lignes et taches chlronécroliques sinueuses (etch)
Cucurbita pepo var. Diamant F1	Mosaïque	pas de réaction	Immune	Immune
Capsicum frutescens var. Tabasco	Mosaïque	Lésions locales larges	Mosaïque le long des nervures	flétrissement

* Initiales en langue anglaise.

CMV = Virus de la mosaïque du Concombre
TMV = Virus de la mosaïque du Tabac
PVY = Virus Y de la Pomme de Terre
TEV = Virus "Etch" du Tabac

ENGLISH TRANSLATIONS OF THE TABLES

Table 1 - Host range and differential responses of the four main pepper viruses

Table 2 - Responses of Capsicum varieties able to differentiate the main pathotypes of PVY

Table 3 - Host range and differential responses of three CMV pathotypes

Table 4 - Evolution of natural contaminations and characterization of the viruses infesting the various pepper varieties.

Tableau 2 - Réactions des variétés de capsicum permettant de différencier les principaux pathotypes de PVY.

Variétés	Pathotypes					
	O	A	B	C	D	E
Bastidon	+ VB	+ N	+	+	+	+
Yolo Wonder	+ VB	+ VB	+	+	+	+
C. baccatum 3	-	-	-	+	+	+
Yolo Y	-	-	-	-	+	+
Doux d'Alger	-	-	-	-	+	+
Florida VR2	-	-	-	-	-	+ VB
Serrano Vera Cruz	-	-	-	-	-	+ L

+ : sensibilité

\- : résistance

N : réaction nécrotique

VB : marbrure, mosaïque le long des nervures. "Vein banding"

L : infection latente

Tableau 3 - Gamme d'hôtes et réactions permettant de différencier 3 pathotypes du CMV.

Hôtes	Pathotypes B	Pathotypes C – Légumineuse	Pathotypes C – Non-légumineuse
Nicotiana tabacum var. Xanthi nc	points nécrotiques en lignes sinueuses marbrure ou pas de symptomes généralisés	marbrure ou mosaïque généralisée	
Vigna sinensis var Black	lesions locales nécrotiques	marbrure ou mosaïque généralisée	lesions locales nécrotiques
Phaseolus vulgaris var. Pinto	petits points nécrotiques pas toujours visibles	marbrure généralisée	points nécrotiques pas toujours visibles

Tableau 4 - Evolution des contaminations naturelles et caractérisation des virus infectant les différentes variétés de piment.

Variétés	Effectifs Départ	Fin.	Nombre cumulé de plantes virosées 3/5	14/6	26/7	Virus identifiés ou non TMV	PVY	CMV	
FLORIDA 118	43	36	/	1	4	0		3	1
FLORIDA VR 2	11	5	1	1	5	1	4	1	
FLORIDA 23 1.7. BK	52	42	4	10	21	1		20	
VAL 2	36	28		1	4			2	2
VAL 4	42	33		1	2			2	
AGRONOMICO. 8. (585)	20	15	3	8	8			4	4
AGRONOMICO. 8. (601)	37	28		4	4	0		3	1
Yolo Y	41	41	41	41	41		38	3	
Yolo Wonder	41	34	37	36	34		32	1	1
Narval	34	25	18	23	25	2*	24*	1*	

* Chiffre total dépassant 25 en raison de 2 infections complexes PVY + TMV.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement le Dr A.A. COOK, Plant pathologist, GAINESVILLE FLORIDA 32611 USA, et notre collègue E. POCHARD, Station d'Amélioration des plantes, INRA 84140 MONFAVET France, de leurs envois de semences.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDERSON (C.W.). - A study of field sources and apread of five viruses of peppers in central floride. Phytopathol. 49, 97-101, 1959.

BOS (L.). - Expérience with a collection of plant viruses in leaf materiel dried and stored over calcium chloride and a discussion of literature on virus preservation. MEDED. FAK. LANDOUETENSCH. GENT 34, 875-687, 1969.

COOK (A.A.). - A mutation for resistance to potato virus Y in pepper. Phytopathology, 51, 550-552, 1961.

COOK (A.A.). - Isolation of a mutant strain of potato Y virus. Plant Dis. Reptr. 46, 569, 1962.

COOK (A.A.). - Genetics of response in pepper to three strains of potato virus Y. Phytopathology, 53, 720-722, 1963.

COOK (A.A.), OZAKI (H.Y.), ZITTER (T.A.), BLASQUEZ (C.H.). - Florida VR-2, a bell pepper with resistances to three virus diseases. Florida Agricultural Experiment Station Circular, 5-242, 6 p., 1976.

DALE (W.T.). - Sap-Transmissible mosaic diseases of solanaceous crops in Trinidad. Ann. Appl. Biol. 41, 2, 240-247, 1954.

DELECOLLE (B.). - La Microscopie électronique appliquée à la détection des virus végétaux. La "Dip method", 45 p., 1979.

DEVERGNE (J.C.), CARDIN (L.). - Contribution à l'étude du virus de la mosaïque du concombre. (CMV). IV Essai de classification de plusieurs isolats sur la base de leur structure antigénique. Ann. Phytopathol., 5 (4), 409-430, 1973.

GEBRE-SELASSIE (K.), MARCHOUX (G.), QUIOT (J.B.). - Pathogenic properties of potato virus Y isolates (PVY). II de Int. Conf. I.S.H.S. Working group on vegetable viruses Avignon Monfavet 40, 1975.

KAAN (F.), ANAIS (G.). - La sélection du piment à gros fruit (*C. annuum L.*) aux Antilles Françaises pour l'adaptation climatique, la résistance aux maladies bactériennes et virales. 3ème congrès Eucarpia génétique et sélection du piment, 265-274, 1977.

MARCHOUX (G.), POCHARD (E.), CHAMBONNET (D.) et ROUGIER (J.).- Isolation of two potato virus Y strains in pepper crops in South-Est France. Research for resistant genotypes. Proceedings of Capsicum Eucarpia meeting Budapest, 143-151, 1974.

MARCHOUX (G.), GEBRE-SELASSIE (K.), QUIOT (J.B.). Observations preliminaires concernant les souches et les plantes - réservoirs du virus Y de la Pomme de Terre dans le Sud-Est de la France. Comm. 4ème congrès Union Phyt. Mediter. Zodor. Octobre 1975.

MARCHOUX (G.), DOUINE (L.), QUIOT (J.B.). - Comportement thermique différentiel de certaines souches du virus de la mosaïque du concombre. Hypothèse d'un mécanisme pleiotropique reliant plusieurs propriétés. C.R. Acad. Sc. séries D 283, 1601-1604, 1976.

MARROU (J.), QUIOT (J.B.), MARCHOUX (G.). - Caractérisation de douze souches du VMC par leurs aptitudes pathogènes : tentative de classification. Proc. Europ. Discussion Group. on CMV Ghent May, 1974.

MIGLIORI (A.). - Viroses observées sur Capsicum annuum L. var Largo Valenciano en Guadeloupe. Nouvelles Agronomiques Antilles-Guyane, 2-1, 95-98, 1976.

MIGLIORI (A.), MARCHOUX (G.), QUIOT (J.B.). - Dynamique des populations du Virus de Mosaïque du Concombre en Guadeloupe. Ann. Phytopathol. 10, (4), 455-466, 1978.

NAGAI (H.) et COSTA (A.S.). - Four new pepper varieties resistant to virus Y in Brazil. Ann. Fac. Sci. agr. Univ. Stud. Torino. vol. 7, 282-287, 1971.

PEREZ (J.E.), ADSUAR (J.). - Antigenic relationship between Puerto Rican pepper mosaic virus and a strain of potato virus Y. J. Agric. Univ. Puerto Rico, 39, 165-169, 1955.

POCHARD (E.), GEBRE GELASSIE (K.), MARCHOUX (G.). - Genetically heterogeneicity of the potato Virus Y "strains" collected in the pep per cultivations of south-eastern France. II de Int. Coof., I.S.H.S. Working group on vagetable virus Avignon Monfavet 20., 1975.

POCHARD (E.). - Etude de la résistance aux souches Européennes de virus Y de la Pomme de Terre (PVY) chez le piment. 3ème congrès Eucarpia génétique et Sélection du Piment, 109-118, 1977.

ROQUE (A.), ADSUAR (J.). - Studies on the mosaic of peppers *(Capsicum frutescens)* in Puerto-Rico. J. Agr. Univ. P.R. 25 (4), 1-11, 1941.

SALAS (G.) et col. - Estudio preliminar sobre las virosis en pimentos *(Capsicum annuum)* en Venezuela. Agron. Tropical Venezuela, 23, (1), 45-54, 1972.

SIMON (S.J.N.). - The pepper vein banding mosaic virus in the everglades area of of south florida. Phytopathology, 46, 53-57, 1956.

ZITTER (T.A.). - Further pepper virus identification and distribution studies in Florida. Pl. Dis. Rentr. 57, 991-994, 1973.

ZITTER (T.A.). - Naturally occuring pepper virus strains in South Florida. Plant Dis. Rept., t. 56, 7, 586-590, 1972.

ZITTER (T.A.), COOK (A.A.). - Inheritance of Tolerance to a pepper Virus in Florida. Phytopathology 63, 1211-1112, 1973.

RESUME

En côte sous le Vent de la Guadeloupe, les principales contaminations chez le poivron sont dues au Virus Y de la Pomme de Terre (PVY). Le pathotype dominant est le PVY-D qui attaque les variétés Yolo Y et Doux des Landes, résistantes au pathotypes, O, A, B et C.

Les géniteurs Agronomico 8, Glorida VR2 et 23,17. BK ne sont pas contaminés dans les conditions naturelles et résistent après inoculation mécanique avec les isolats de PVY provenant de Guadeloupe.

SUMMARY

IDENTIFICATION OF VIRUSES AND DETERMINATION OF PATHOTYPES INFESTING PEPPERS (*CAPSICUM* SP.) IN GUADELOUPE. VARIETIES RESISTENT TO POTATO VIRUS Y

In the area of Guadeloupe leeward coast, the main pepper infestations are caused the potato virus Y. The predominating pathotype is the PVY-D which infests the Yolo y and Doux des Landes varieties resistent to the O, A, B and C pathotypes.

The begetters Agronomico 8, Florida VR2 and 23.17. BK are not infested in natural conditions and resist after mechanical inoculation with PVY isolates from Guadeloupe.

RESUMEN

IDENTIFICACIÓN DE VIRUS AND DETERMINACIÓN DE PATOTIPOS ATACANDO PIMENTOS (*CAPSICUM* SP.) EN GUADELOUPE. VARIEDADES RESISTENTES AL VIRUS DE LA PAPA (PVY)

En la región de la cuesta sotav ento de Guadalupe, las principales infestaciones del pimento son causadas por el virus Y de la papa (PVY). El patotipo dominante es el PVY-D que ataca las variedades Yolo Y y Doux des Landes resistentes a los patotipos O, A, B y C.

Los genitores Agronomico 8, Florida VR2 y 23.17.BK no son contaminados en condiciones naturales y resisten despuès de la inoculación mecánica con cepas de PVY procedientes de Guadalupe.

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 3, 3/4, 165-172, 1978.

COMPORTEMENT DE *CAPSICUM ANNUUM* L. VAR NARVAL VIS-A-VIS DU VIRUS Y DE LA POMME DE TERRE

A. MIGLIORI (°)
Avec la collaboration technique de
Anne-Lise MACAQUI, F. PAPIER

INTRODUCTION

En Guadeloupe *Capsicum annuum* est encore peu cultivé. La variété Narval (*) est la plus appréciée étant donné sa bonne adaptation aux conditions climatiques et la qualité du fruit. Par contre, elle est assez susceptible aux divers pathogènes tels que : les bactérioses *Pseudomonas solanacearum*, *Xantosomonas vesicatoria* et les viroses, Virus de la Mosaïque du Concombre (CMV), Virus de la Mosaïque du Tabac (TMV), Virus Y de la Pomme-de-Terre (PVY).

Capsicum annuum var. Narval est très sensible aux populations du PVY sévissant en Guadeloupe, cependant on a pu observer que cette variété supportait relativement bien le PVY malgré des contaminations précoces à 100 %.

Dans cette expérimentation nous avons observé le comportement de la variété Narval infectée artificiellement et non infectée par le PVY afin de situer la perte de rendement due au PVY.

A - MATERIEL ET METHODE

1 - Préparation du plant

Le semis est réalisé dans des rondelles de jiffypots ("peat pellets" pat. n° 108315) placées en abri grillagé.

Le plant est repiqué au stade cotylédon en plaçant le jiffipot dans un pot de 10 cm de Ø et complétant avec du terreau stérilisé à la vapeur.

2 - Inoculation du PVY

Une population commune du PVY est retenue pour l'infection du plant. L'inoculum est obtenu au 1/5 par broyage de feuilles virosées au mortier en présence de tampon phosphate 0,01 M pH 7 contenant 0,5 % de Diethyldithiocarbonate de sodium (DIECA). L'inoculation est réalisée au doigt protégé par un doigtier en latex en présence de 80 mg/ml de charbon végétal activé et autant de carborundum 400 mesh. Cent vingt plants sont infectés par PVY au stade trois feuilles développées, le plant témoin (non infecté) a subi un simulacre d'inoculation.

3 - Dispositif expérimental

Trois semaines après l'inoculation le plant est mis en place, selon deux parcelles distinctes l'une comportant le plant infecté, l'autre le plant sain (témoin). Chaque parcelle comprend 5 rangées de 20 plantes, la parcelle témoin est placée dans les mêmes conditions, à trente mètres de la première.

4 - Observations, notations

Les plantes sont observées une fois par semaine durant toute la période culturale afin de noter le port du plant et les symptômes, la croissance est notée faible, moyenne et normale qui correspond respectivement à la note 1, 2 et 3. Les fruits récoltés une fois par semaine sont comptés et pesés.

(*) Originellement appelée "Largo valenciano", puis B. 209.

(°) Station de Pathologie Végétale - I.N.R.A. - Antilles-Guyane, Domaine Duclos 97170 - Petit-Bourg (Guadeloupe)

B - RESULTATS

1 - Symptomatologie

Actuellement, deux groupes de populations du PVY sont connus en Guadeloupe (MIGLIORI 1976). La population commune se manifeste chez *Capsicum annuum* par une mosaïque en plages vertes "vein-banding" sans déformation du limbe. La population nécrosante occasionne des nécroses sur les tiges et feuilles, la mort peut suivre si la plante est atteinte au stade juvénile, cette population n'est observée que très rarement dans les régions de Petit-Bourg et Vieux-Habitants.

2 - Comportement de la variété Narval vis-à-vis du PVY

2.1. - Effet du virus sur la croissance de la plante (tab. 1)

Les cent plantes infectées par inoculation controlée ont toutes extériorisé les symptomes du PVY dès la plantation. Les plantes non infectées (témoin) mises en place sans aucun symptôme n'ont été que très légèrement contaminées et tardivement pendant les cinq mois de culture. On remarque un développement identique des plantes infectées et témoins dès la mise en place, par la suite les plantes témoins manifestent une meilleure croissance, alors que l'on observe une diminution de la vigueur chez les plantes infectées. On constate également qu'il y a plus de mortalité (Champignons du sol) dans la parcelle témoin notamment en début de culture.

2.2. - Rendement en fruit (tab. 2, fig. 1 et 2)

La courbe représentant les cueillettes hebdomadaires (fig. 1) montre une perte de rendement des plantes infectées aux premières cueillettes. Cependant, de la quatrième à la septième récolte on note une production égale ou supérieure des plantes infectées par rapport au témoin. A partir de la huitième cueillette, les plantes infectées manifestent de nouveau une perte de rendement notable, celle-ci intervient dans la période de rendement maximal et est observée jusqu'à la fin de la production.

Le rapport des rendements cumulés, plantes virosées sur plantes saines (fig. 2) met plus en évidence ces deux phases de perte de rendement de la part des plantes infectées.

C - CONCLUSION ET DISCUSSION

Capsicum annuum var. Narval est sensible au PVY. Cependant on a pu remarquer que cette variété tolérait assez bien la population commune du PVY. En effet, les plantes infectées au stade trois feuilles n'ont pas accusé un arrêt de la croissance ni une perte de rendement très préjudiciable si l'on se place au niveau de la précocité. Par contre, on enregistre un avantage très net des plantes saines à la mi-récolte soit au moment ou la cueillette est maximale.

Cette expérimentation montre que la var. Narval infectée par le PVY subit une perte de rendement en fruits qui se répartit en deux phases (fig. 2). Entre ces deux phases on observe que la production des plantes infectées est égale ou légèrement supérieure à celle des plantes saines. Cette récupération momentanée pourrait être comparée à l'effet "crise" suivi d'un rétablissement mis en évidence par MESSIAEN et al (1968) chez la tomate avec le TMV. Mais il est probable que dans le présent essai, la phase de récupération des plantes infectées corresponde à la croissance médiocre des plantes saines (tab. 1) ce qui expliquerait le rendement des plantes virosées égal à celui des plantes saines.

Dans la mesure où *Capsicum annuum* var. Narval serait cultivé intensivement dans la région, il serait peut-être intéressant de rechercher une population du PVY la moins agressive possible et de sélectionner une souche qui permettrait d'appliquer la prémunition comme cela est pratiqué chez la tomate (MIGLIORI 1973). En effet, du fait que les cultures sont contaminées à 100 % au stade floraison il serait peut-être utile de réaliser une inoculation contrôlée au meilleur stade végétatif, cela permettrait d'assurer une productivité régulière, mais aussi de protéger les plantes vis-à-vis des populations du PVY agressives notamment les populations nécrosantes, tout en diminuant les chances d'adaptation de toutes populations agressives du PVY.

Dans le cas ou la prémunition serait appliquée à des plantes cultivées en plein champ, le risque de complexes de virus apparaît notamment avec le CMV et TMV. Mais il est à noter que ces deux virus sont peu observés chez *Capsicum annuum* (MIGLIORI 1976 ; MIGLIORI et al 1977 et 1978).

-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MESSIAEN (C.M.), MIGLIORI (A.), MAISON (P.). - Effet de la mosaïque du tabac (TMV) sur la croissance, la fructification des cultures de tomates de plein champ dans le Sud-est de la France. Ann. Epiphyt. 19, HS. 93-102, 1968.

MIGLIORI (A.). - Etude d'une méthode de lutte biologique : la prémunition des tomates contre le Virus de la Mosaïque du Tabac. Thèse d'Université soutenue à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc Montpellier.

MIGLIORI (A.). - Viroses observées sur *Capsicum annuum* L Var. Largo valenciano en Guadeloupe. Nouvelles Agronomiques Antilles-Guyane, 2, 1, 95-98, 1976.

MIGLIORI (A.), QUIOT (J.B.), LECLANT (F.), MARCHOUX (G.), COLENO (A.). - Premières observations sur l'épidemiologie du Virus de la Mosaïque du Concombre et du Virus de la Mosaïque de la Pastèque en Guadeloupe. Ann. Phytopathol. 9 (2), 123-139, 1977.

MIGLIORI (A.), MARCHOUX (G.), QUIOT (J.B.). - Dynamique des populations du Virus de la Mosaïque du Concombre en Guadeloupe. Ann. Phytopathol. 10, 4, 455-466, 1978.

Tableau 1 - Nombre de plantes malades et croissance des plante
(Number of plant infected and development of plant)

Observations	Inoculation contrôlée		Plantes non inoculées (témoin)	
	Plantes virosées	Croissance *	Plantes virosées	Croissance *
1	100 sur 100	2	0 sur 100	2
2	98 sur 98	2	0 sur 96	2
3	98 sur 98	2	1 sur 95	2
4	98 sur 98	2	1 sur 95	2
5	98 sur 98	3	1 sur 95	2
6	98 sur 98	3	1 sur 95	2
7	98 sur 98	3	1 sur 95	2
8	98 sur 98	3	3 sur 90	2
9	98 sur 98	3	3 sur 90	3
10	98 sur 98	3	3 sur 90	3
11	91 sur 91	3	3 sur 86	3
12	91 sur 91	2	4 sur 86	3
13	91 sur 91	2	4 sur 86	3
14	91 sur 91	2	8 sur 86	3
15	91 sur 91	2	8 sur 86	3
16	87 sur 87	2	8 sur 86	3
17	87 sur 87	2	8 sur 86	3
18	87 sur 87	2	8 sur 86	3

* 1 = Croissance faible
2 = Croissance moyenne
3 = Croissance normale

Tableau 2 - Rendement cumulé des fruits exprimé en kilogramme pour 100 plantes.
(Cumulated yield in kilogram for hundred plants)

Cueillettes	Plantes infectées		Plantes saines		R $\frac{PL\ V}{PL\ S}$ *
	Fruits		Fruits		
	Nombre	Poids	Nombre	Poids	
15 - 3	23	1,18	17	0,50	2,4
22 - 3	49	2,46	88	4,00	0,6
29 - 3	74	3,90	123	6,60	0,6
5 - 4	181	8,90	174	9,70	0,9
12 - 4	294	14,50	248	14,40	1,0
19 - 4	387	21,40	311	19,00	1,1
26 - 4	574	39,60	469	29,60	1,3
3 - 5	781	47,10	747	47,70	1,0
10 - 5	1098	66,30	1167	74,00	0,9
17 - 5	1350	78,90	1659	102,30	0,8
22 - 5	1734	95,40	2020	123,00	0,8
30 - 5	1924	106,00	2304	145,00	0,73
7 - 6	2115	116,80	2509	158,00	0,73
14 - 6	2424	130,00	2807	172,20	0,75
21 - 6	1557	135,60	3088	185,20	0,73
28 - 6**	3053	150,70	3428	200,00	0,75

* Rapport $\frac{\text{Plantes virosées}}{\text{Plantes saines}}$ des rendements cumulés

** Récolte de tous les fruits petits et gros

FIGURE 1

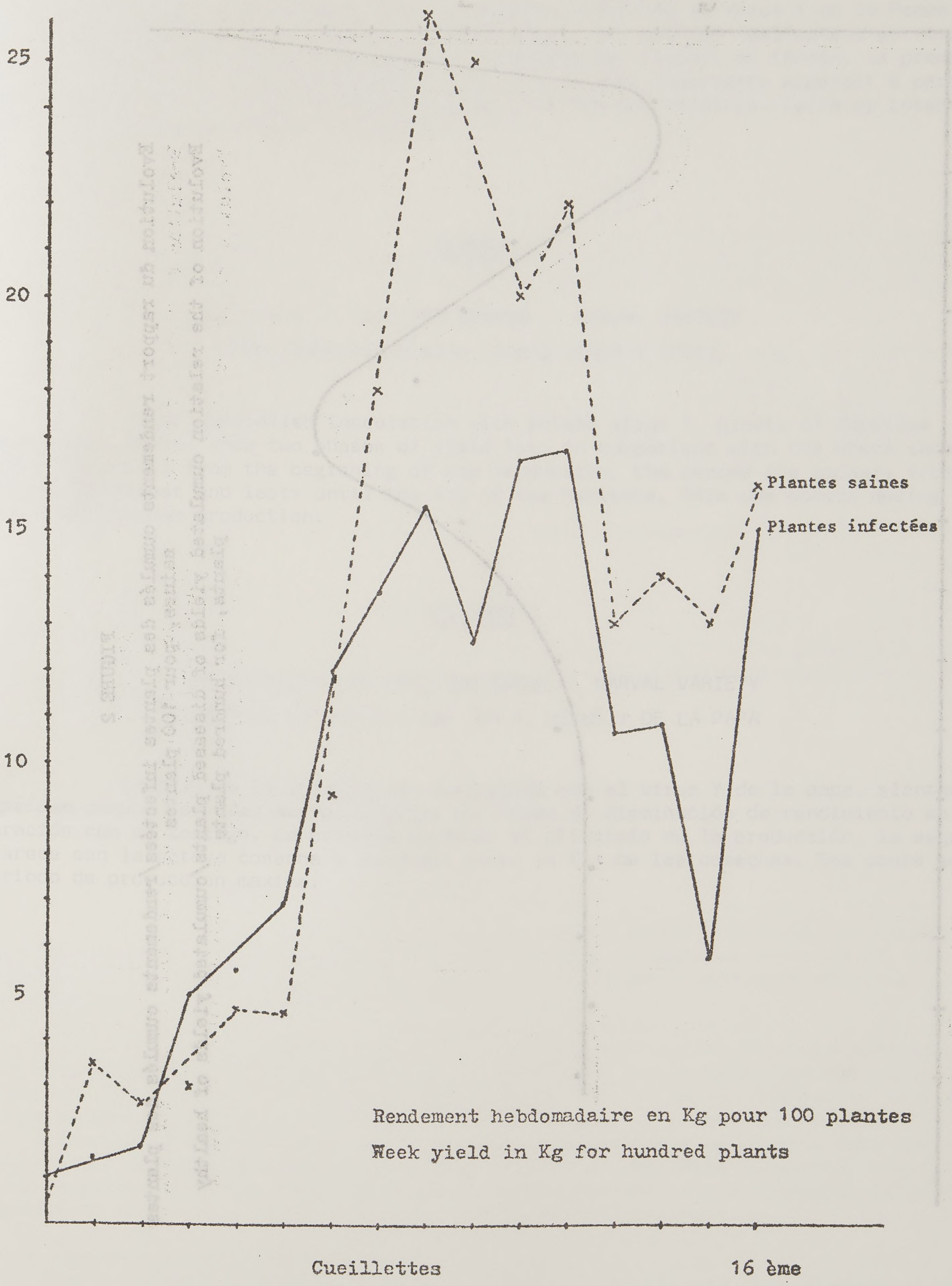
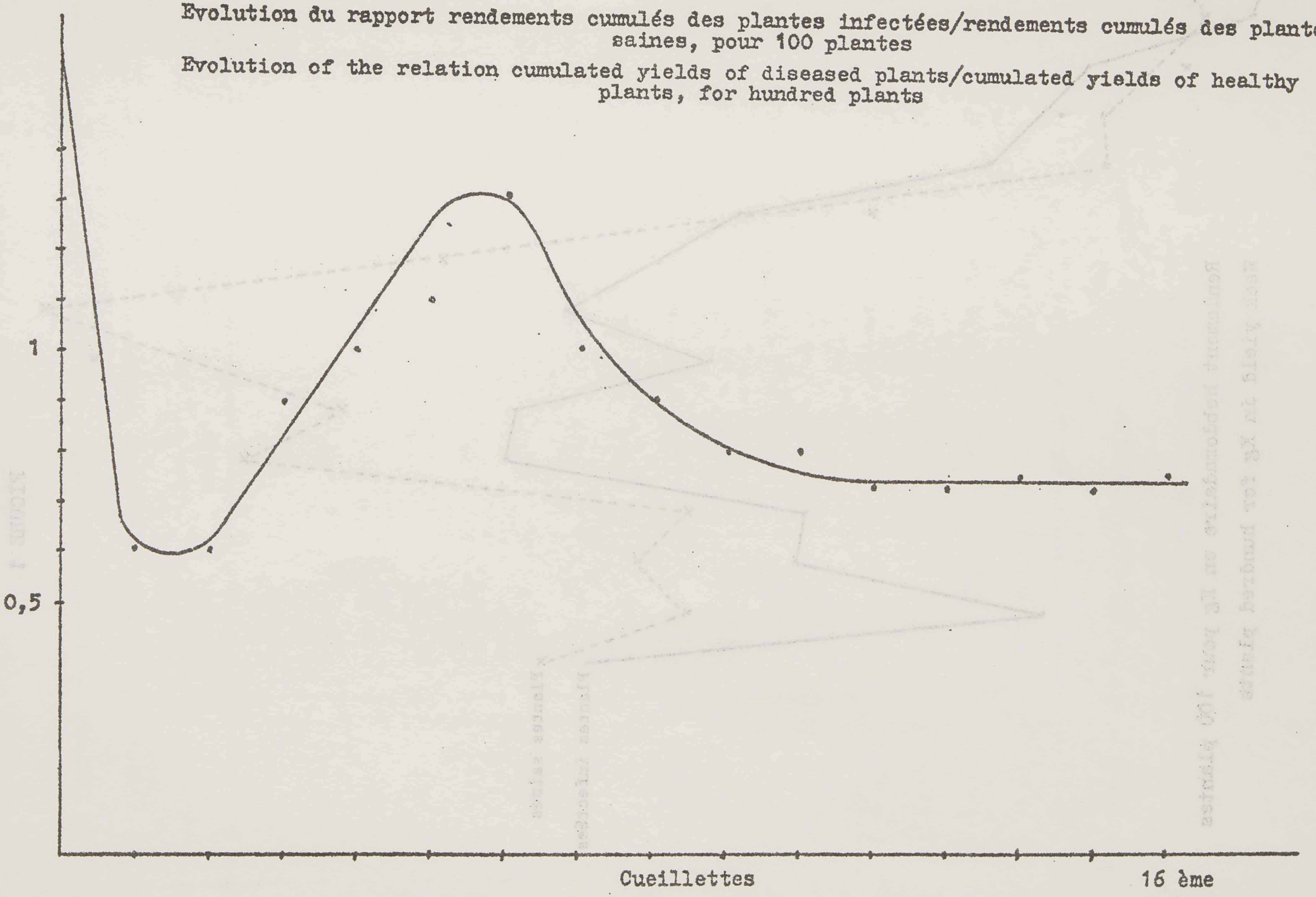

25
20
15
10
5
Plantes saines
Plantes infectées
Rendement hebdomadaire en Kg pour 100 plantes
Week yield in Kg for hundred plants
Cueillettes
16 ème

FIGURE 2

Evolution du rapport rendements cumulés des plantes infectées/rendements cumulés des plantes saines, pour 100 plantes

Evolution of the relation cumulated yields of diseased plants/cumulated yields of healthy plants, for hundred plants



RESUME

Après l'application de l'inoculation controlée du Virus Y de la Pomme de terre (PVY) chez *Capsicum annuum* L variété Narval, les plantes manifestent au niveau de la production deux phases de perte de rendement par rapport au témoin. La première se situe dès le début de la production, la seconde plus importante apparaît à partir de la huitième cueillette et persiste jusqu'à la fin des récoltes. Celle-ci intervient dans la période de production maximale.

SUMMARY

BEHAVIOUR OF *CAPSICUM ANNUUM* L. NARVAL VARIETY

AFTER INOCULATION WITH POTATO VIRUS Y (PVY)

After controlled inoculation with potato virus Y, plants of *Capsicum annuum* var. Narval show two phases of yield loss in comparison with the check sample. The first one is from the beginning of the production, the second one appears from the eight harvest and lasts until the end of the harvests. This one occurs during the period of maximum production.

RESUMEN

COMPORTAMIENTO DE CAPSICUM ANNUM L. NARVAL VARIETY

DESPUES DE INOCULACION CON EL VIRUS Y DE LA PAPA

Despuès de la inoculación controlada con el virus Y de la papa, plantas de *Capsicum annuum* variedad Narval muestra dos fases de disminución de rendimiento en comparación con el testigo. La primera es desde el principio de la producción, la segunda aparece con la octava cosecha y permanece hasta la fin de las cosechas. Esa ocure en el periodo de produccion maxima.

RESUME

Après l'application de l'inoculation contrôlée du virus Y de la Pomme de terre (PVY) chez Capsicum annuum L. variété Narval, les plantes manifestent, au niveau de la production deux phases de pertes de rendement par rapport au témoin. La première se situe dès le début de la production, la seconde plus importante apparaît à partir de la huitième cueillette et persiste jusqu'à la fin des récoltes. Celle-ci intervient dans la période de production maximale.

SUMMARY

BEHAVIOUR OF CAPSICUM ANNUUM L. NARVAL VARIETY

AFTER INOCULATION WITH POTATO VIRUS Y (PVY)

After controlled inoculation with potato virus Y, plants of Capsicum annuum var. Narval show two phases of yield loss in comparison with the check sample. The first one is from the beginning of the production, the second one appears from the eight harvest and lasts until the end of the harvests. This one occurs during the period of maximum production.

RESUMEN

COMPORTAMIENTO DE CAPSICUM ANNUM L. NARVAL VARIETY

DESPUES DE INOCULACION CON EL VIRUS Y DE LA PAPA

Despues de la inoculación controlada con el virus Y de la papa, plantas de Capsicum annuum variedad Narval muestra dos fases de diminución de rendimiento en comparación con el testigo. La primera se nota desde el principio de la producción, la segunda aparece con la octava cosecha y permanece hasta la fin de las cosechas. Eso ocurre en el período de producción maxima.

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 173-188, 1978.

LE SORGHO

SA CULTURE, SES UTILISATIONS

H. TOUVIN [°]

avec la collaboration technique de

J. SABINE [°] - J. FELICITE [°] - C. PALMIER [°°]

Le Sorgho est, parmi les graminées fourragères le mieux adaptées à nos régions, une plante qui présente des avantages incontestables. Il produit un fourrage abondant et de bonne qualité. Il est assez résistant à la sécheresse et bien moins exigeant en eau que le maïs.

Par ailleurs, les sorghos sont de types très divers ayant des aptitudes particulières qui permettent de les utiliser à des fins bien précises. Aussi, est-il important de connaître les caractéristiques biologiques des différents types pour pouvoir les cultiver à bon escient.

LES VARIETES ET LEURS APTITUDES

D'un point de vue pratique, les sorghos peuvent être groupés en trois classes :

Les sorghos-grain

Spécialement sélectionnés pour la production du grain, ils sont généralement à tige courte, à faible tallage, à épi très développé représentant environ la moitié du poids de la plante entière.

Les sorghos pour l'ensilage

Ils sont à tige plus haute, à feuillage plus abondant mais peuvent produire une quantité de graines aussi importante que les sorghos-grain. Dans ce groupe se rangent les sorghos dits "sucrés".

Les sorghos fourragers

Les types courants en sont les sudangrass. Ce sont des sorghos herbacés qui ont une grande aptitude au tallage et à la repousse après coupe. Ils sont adaptés aux exploitations fréquentes (graphique 1), c'est-à-dire à la pâture et à l'affouragement en vert. Ils produisent peu de grain.

Les hybrides sorgho x sudan qui proviennent de croisements entre les sorghos-grain et les sudangrass sont actuellement les sorghos fourragers les plus répandus. Les hybrides américains (variétés sudax Sx_{11} ou Sx_{17}), introduits en Guadeloupe et Martinique depuis une décennie, en font partie. Ce sont des hybrides F_1 qui ont l'avantage d'être très productifs et vigoureux, mais ils ne peuvent être reproduits qu'à partir de leurs parents constitutifs. D'où la nécessité de réimporter régulièrement la semence hybride. Ceci entraîne une double contrainte : commande de la graine et surtout prévision à assez long terme des surfaces à emblaver.

(°) Station d'Amélioration des Plantes - I.N.R.A. - Antilles-Guyane, Domaine Duclos 97170 PETIT-BOURG (Guadeloupe)

(°°) Exploitation - I.N.R.A. - Antilles-Guyane, Domaine Duclos - 97170 PETIT-BOURG (Guadeloupe)

TECHNIQUES CULTURALES

Le sorgho a des graines relativement petites (1,5 à 2 mm de diamètre). Il s'implante par semis en lignes fait au semoir. Il est donc important de disposer d'un lit de semis convenable sur un sol bien préparé, assez riche et aussi propre que possible pour éviter, à la levée, la compétition avec les mauvaises herbes.

Préparation du sol

Pour obtenir un sol bien ameubli en profondeur, il convient de pratiquer un labour profond assez longtemps avant le semis de façon à favoriser un bon émiettement de la terre sous l'action alternée du soleil et de la pluie. On utilisera de préférence la charrue à soc de façon à éviter les semelles superficielles. Avant le semis, le premier labour sera repris par un labour croisé suivi de façons superficielles pour obtenir un sol finement émietté, homogène en surface mais pas soufflé.

Il est à remarquer que les différentes opérations de préparation du sol dépendent beaucoup des précédents culturaux.

A titre d'exemple, ces travaux sur savane ou prairie de pangola devraient être les suivants :

- traitement désherbant (aminotriazole) un mois au moins avant le labour.

- déchaumage au pulvériseur à disques, rotavator ou herse canadienne (2 passages croisés).

- enfouissement de la fumure de fond lors d'un premier labour de 25 à 30 cm de profondeur.

- un 2e labour croisé sur sol bien rassi.
- griffage à la herse vibrante (CHISEL)
- hersage à plat juste avant le semis.

Par contre, sur une friche, il conviendra de girobroyer avant le déchaumage et, sur une ancienne culture de canne il faudra réduire les touffes ou les éliminer avant le labour pour ne pas avoir un sol trop creux.

Fumure

Le sorgho se plait dans les sols neutres ou faiblement acides (pH > 5). Dans les terrains franchement acides, il faut remonter le pH par un chaulage suffisant (2 tonnes de CaO/ha à chaque culture) et utiliser des scories phosphopotassiques de préférence aux autres engrais phosphatés.

La fumure de fond moyenne sera de l'ordre de 120 à 150 kg/ha de potasse et acide phosphorique.

La fertilisation azotée sera fractionnée : 50 à 60 kgs/ha au semis et après chaque récolte. A noter que l'azote non seulement favorise une croissance rapide mais améliore la qualité du fourrage.

Semis

Le semis est réalisé au semoir, à 2-4 cm de profondeur sur des lignes espacées de 18 à 40 cm. La densité de semis dépend du type d'utilisation de la culture.

- pour l'ensilage, le peuplement doit être voisin de 60 plantes au mètre carré (20 kg/ha).

- pour des explications fréquentes, il faut prévoir 100 à 120 plants au mètre carré (30 à 35 kg/ha selon les variétés).

- pour le sorgho-grain, l'écartement entre les lignes sera de 50 à 80 cm et la densité du semis de 15 plantes au mètre carré (8 à 12 kg selon la grosseur de la graine).

Désherbage

Le sorgho pousse lentement dans sa première phase de végétation : jusqu'à 4 à 6 feuilles, sa compétitivité vis-à-vis des mauvaises herbes est faible. D'où la nécessité d'avoir une culture très propre durant cette première période. Les faibles écartements entre lignes rendent difficile le binage mécanique. Aussi est-on amené à faire appel au désherbage chimique.

Pour le moment, peu d'expériences ont été réalisées dans ce domaine sous nos climats. Parmi les herbicides utilisés couramment sur sorgho en régions tempérés seule l'atrazine (gésaprime 50) a fait l'objet de quelques essais. Au stade 3 à 5 feuilles du sorgho la dose de 1,5 kg/ha de matière active donne des résultats assez satisfaisants. La littérature indique que l'atrazine peut être utilisée à la dose de 1 kg/ha au moment du semis c'est-à-dire en préémergence ou à la dose de 1,5 à 2 kg deux mois avant le semis. Ces essais doivent être poursuivis en zone tropicale humide.

Traitements antiparasitaires

Les sorghos sont généralement attaqués par les mêmes insectes que le maïs. Mais les dégâts sont rarement aussi importants. Les traitements insecticides ne se justifient qu'en cas d'attaques précoces au stade "jeunes plantules" ou lors d'une production de grain à l'époque de la floraison. Les parasites les plus communs sont d'après A. DELPLANQUE 1976 :

- au stade plantule : la larve d'un petit papillon, *Elasmopalpus lignosellus Zell* qui perfore la pousse au niveau du collet et entraîne le déssèchement de la plantule.

- au stade plante adulte : une cicadelle qui est vecteur de maladies à virus ; des pucerons ; des foreurs de tiges dont *Diatrea saccharalis* (pyrale de la canne) ; et surtout des chenilles de noctuelles dont les trois principales sont *Spodoptera frugiperda S.A. ; Anticarsia gemmatilis Hbn et Mocis munctularis* dont les dégâts peuvent être importants. La première d'entre elles peut creuser des galeries dans les jeunes tiges, tandis que les deux autres entraînent des défoliations.

- au stade épi : Ce sont en particulier les larves de *Contarinia sorghicola Coq (Cecidomye* du sorgho) qui se développent dans l'ovaire et empêchent la formation du grain et des larves de teignes (feutrage blanc) qui provoquent la chute des graines ou leur désagrégation au cours du stockage.

Les traitements insecticides qu'on peut recommander sont des pulvérisations de Basudine, de Parathion ou de Decis (pyretrionoïde de synthèse). Comme tout produit de traitement ces matières sont à utiliser avec précautions. Elles peuvent, par temps très ensoleillé, entraîner des brûlures sur jeunes plantules. Aussi, il est prudent d'appliquer les traitements tôt le matin ou en fin de journée.

MODES D'EXPLOITATION

Nous avons vu que les différents groupes de sorghos offrent des possibilités différentes d'exploitation. Le choix de la variété dépendra donc du mode d'utilisation visé.

Pour la pâture et l'affouragement on s'adressera aux sudangrass et aux hybrides sorgho x sudan, alors que pour l'ensilage ce sont de préférence les sorghos à grosses tiges ou mieux les sorghos-grain qui doivent être retenus.

1°/ La pâture ou l'affouragement

Comme pour toutes les graminées, la qualité du sorgho diminue avec l'âge. Les sudangrass et les hybrides sorgho x sudan peuvent être exploités en première coupe, la plante atteignant 0,70 à 1 m, deux mois environ après le semis. A ce stade, les feuilles représentent environ 50 % de la plante entière dont la teneur en matière sèche avoisine 15 % et la teneur en matière azotée 10 % de la matière sèche. Cependant, pour la plupart des variétés, afin d'assurer une meilleure implantation de la culture, il est préférable de faire le 1re coupe au début de la floraison (sortie des étamines). Par la suite, les autres coupes se feront normalement au stade "dernière feuille ligulée" pour la majorité des tiges. Ainsi traitées, ces variétés peuvent fournir en 6 à 8 coupes, 250 tonnes de fourrage vert à 15 % de matière sèche.

De plus ces types montrent non seulement une grande aptitude à utiliser l'eau disponible mais aussi une possibilité de croissance encore importante lors d'un déficit hydrique ; Ils possèdent donc une bonne tolérance à la sécheresse. Ceçi est illustré par le graphique n° 1 qui met en parallèle la quantité de pluie reçue par la culture entre deux coupes successives et les rendements moyens parcellaires pour 9 cultivars de sudangrass et de sorgho x sudan exploités en 8 coupes dans un micro-essai de comportement installé à St François en période de faible pluviométrie.

La pâture peut être faite aux mêmes stades que la fauche, mais afin d'éviter des arrachages de plantes, il vaut mieux la pratiquer sur repousse.

2°/ L'ensilage

L'ensilage est un procédé de conservation du fourrage basé sur la fermentation lactique entraînant sa stérilisation à l'égard des microbes susceptibles de provoquer sa putréfaction. Un bon ensilage est d'autant plus facile à réussir que le fourrage est plus riche en matière sèche et que sa teneur en sucres est plus élevée C'est dire l'importance qu'il faut accorder à la qualité du fourrage à ensiler. S'agissant de sorgho deux éléments primordiaux doivent être pris en considération : le type de la variété, le stade de développement de la plante au moment de la récolte.

Nous avons dit que ce sont les caractéristiques des sorghos de type-grain qui correspondent le plus à ces exigences. Pour fixer les idées nous donnons ci-après quelques observations tirées de nos expériences réalisées à Duclos, Saint-François et Gardel.

Le graphique n° 2 donne l'évolution du poids de la plante (quantité de matière sèche produite) et situe les principaux stades de développement pour un sorgho de type grain sélectionné au CRAAG.

Les principaux stades de développement morphologiquement repérables se caractérisent de la matière suivante :

- le gonflement : c'est le gonflement de l'épi dans sa graine. Ce stade va de la sortie de la ligule de la dernière feuille à l'apparition de l'épi.

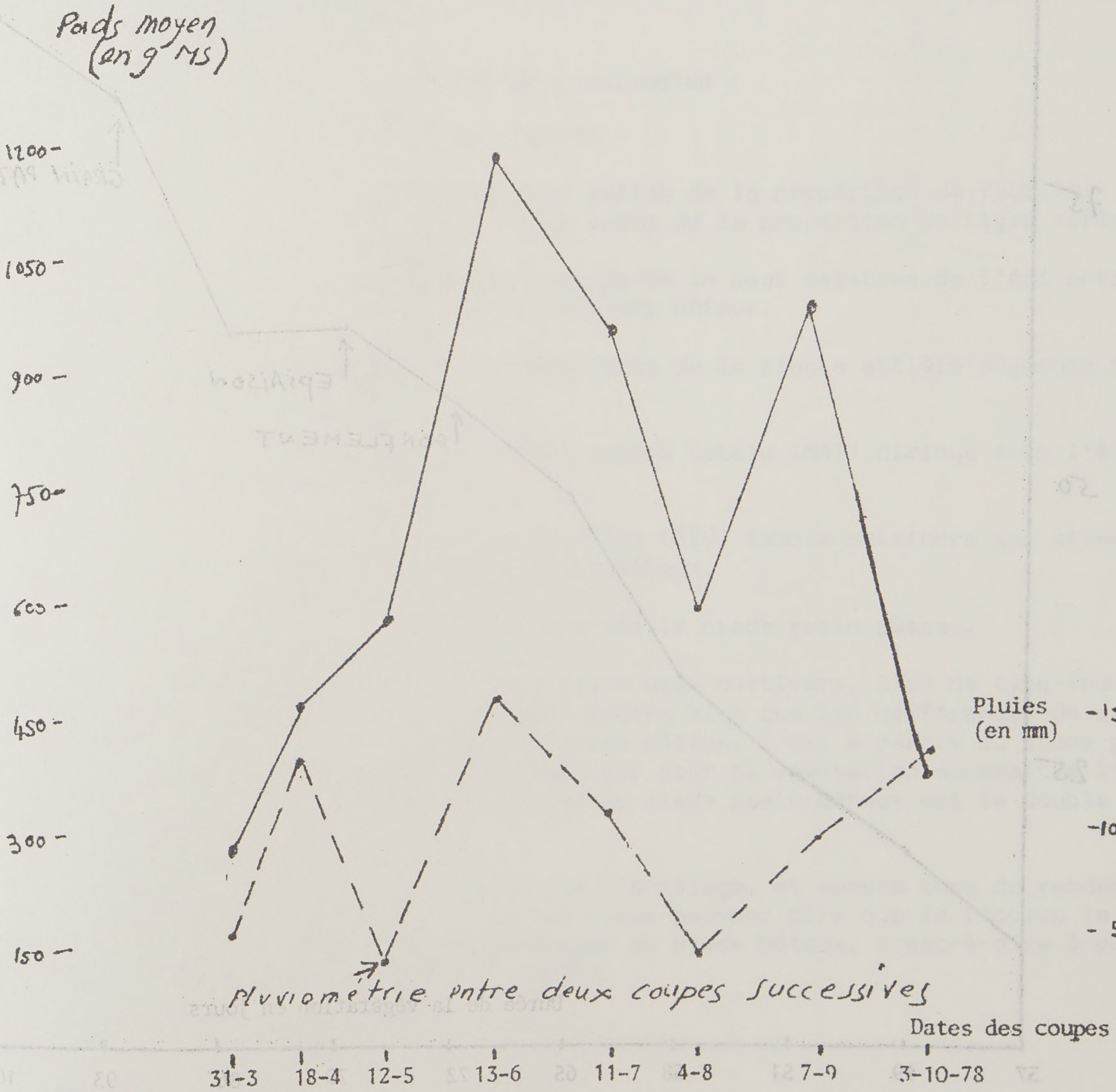
GRAPHIQUE N° 1

COMPORTEMENT DE SORGHOS FOURRAGERS

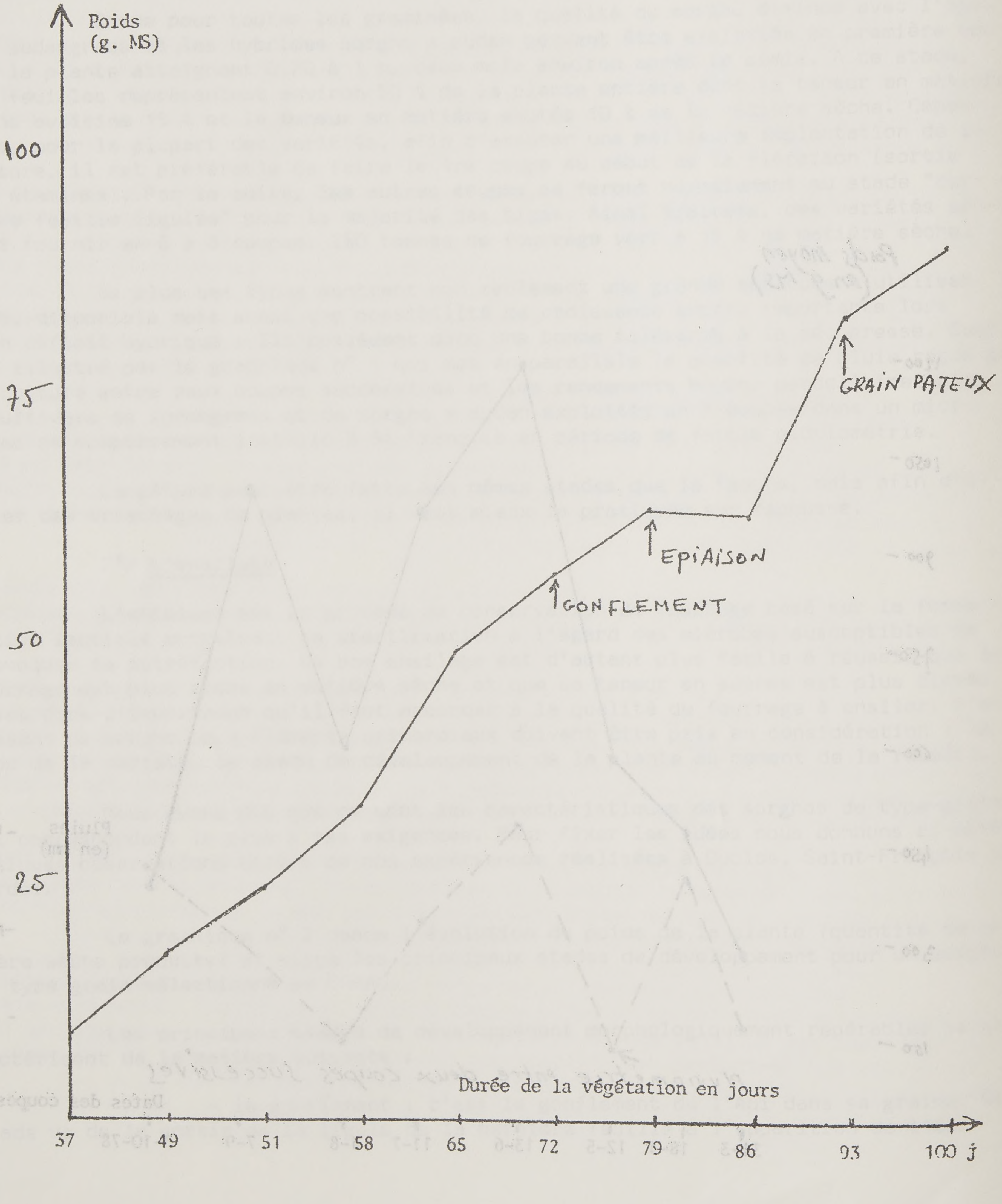
(Micro essai à St François en l'absence d'irrigation)
Semis le 20-2-78

——— Rendement moyen parcellaire

— — — pluviométrie



GRAPHIQUE N° 2
EVOLUTION DU POIDS DE LA PLANTE (MATIERE SECHE) ET STADES DE DEVELOPPEMENT



- l'épiaison : sortie de la base de l'épi au dessus de la dernière feuille.

- grain laiteux : stade où le grain s'aplatit sous la pression des doigts en émettant du liquide.

- grain pâteux : le grain est dur mais peut se sectionner à l'ongle

- grain sec : le grain résiste à l'ongle.

La durée de végétation pour atteindre chacun de ces stades est relativement constante pour une variété donnée. Elle peut varier de quelques jours selon la température et l'ensoleillement.

De ce graphique, il ressort que le poids de la matière sèche croît régulièrement avec la durée de la végétation ; cette croissance qui devient très lente après l'épiaison s'accélère entre la formation du grain et le stade grain pâteux pour s'atténuer progressivement jusqu'à la maturité.

Le tableau 1 reproduit pour la même variété la proportion des différents organes de la plante et l'évolution de la matière sèche et de la valeur fourragère pendant le cycle de végétation.

On peut faire les constatations suivantes :

1. Proportion des organes :

   - diminution très rapide de la proportion de feuilles
   - diminution plus lente de la proportion de tiges après l'épiaison
   - augmentation rapide de la part relative de l'épi entre la floraison et le stade pâteux.

2. La teneur en matière sèche de la plante entière augmente régulièrement.

3. La teneur en matière azotée totale (MAT) diminue avec l'âge de la plante.

4. La digestibilité *in vitro* (DIV) semble atteindre son niveau maximum au stade grain pâteux.

5. Le rendement plafonne dès le stade grain pâteux.

Le tableau 2 qui met en comparaison deux cultivars, l'un de type-fourrager (Sudax SX_{11}), l'autre de type-grain (SDB6) montre bien que les différences de rendement en MS/ha sont nettement plus accusées au stade pâteux. C'est à partir du stade gonflement (croissance de l'épi) que le rendement par jour de végétation apparaît à l'avantage du type-grain dont le rendement global au stade grain pâteux est le double de celui du SX_{11}.

En conclusion de ce chapitre sur l'ensilage, et compte tenu du rendement en MS/ha, de la DIV et de la teneur en MAT, nous pouvons dire que la récolte la plus avantageuse pour le type-grain doit se situer au stade pâteux, c'est-à-dire à 90 jours de végétation pour le cultivar étudié (SDB6).

Tableau 1 - Proportion des différents organes de la plante et évolution de la matière sèche et de la valeur fourragère

Sorgho à deux fins SDB6
(St-François 13/8 au 30/11/76)

Date des prélé-vements	Nbre de jours de végétation	Proportion des différents organes (% MSPE)				Teneur en MS (en %)				Teneur en MAT (% MS)	Cendres (% MS)	DIV 48^{h}	Rendement (TMS/ha)
		F	T	E	D	F	T	E	PE				
18.10.76	67	50,3	41,5	6,0	2,2	20,4	10,5	17,5	14,4	10,0	10,3	47,5	
25.10."	Ep. 74	19,0	68,7	9,7	2,4	22,3	22,8	28,8	23,8	8,2	7,3	45,1	
2.11."	-Fl 82	15,2	68,7	13,6	2,5	22,6	28,2	32,7	28,3	4,0	5,9	54,4	
9.11."	-Gp 88	13,4	57,1	25,9	3,6	22,7	25,9	47,2	29,4	6,0	-	58,5	4,^{T}385
16.11."	95	13,1	51,4	32,0	3,5	26,9	25,7	47,5	31,5	4,5	7,3	61,8	3,981
23.11."	102	14,3	43,2	36,9	5,6	28,2	25,6	66,2	37,2	8,4	4,2	61,8	4,737
30.11."	-Gm 109	9,5	48,5	36,1	5,9	24,1	26,9	64,5	35,2	3,2	7,6	46,1	4,712

MSPE : matière sèche de la plante entière F = feuilles ; T = tiges ; E = épi ; D = déchets ; ep = épiaison
TMS/ha : tonnes de matière sèche à l'hectare Fl = floraison - Gp = grain pâteux - Gm = grain mûr
DIV : digestibilité in vitro

Surface : 2 100 m^2
Date de semis : 13/8/76
Densité de semis : 16 kg/ha au semoir - (25 plants/m^2)
Fumure : N 60 kg ; P 100 kg ; K 40 kg/ha

Tableau 2 - Sorgho-fourrage comparaison de deux cultivars

(Gardel Janvier-Avril 1976)

SUDAX S. x 11

Dates de Prélèvements	Age (en j.)	Stades de développement	% matière sèche				Rendement (MST/ha)	Rt/JV (kg)	Hauteur (cm)	
			F	T	E	PE			HDL	H.totale
11.3.76	44 j	45 cm HDL	22,7	13.9	-	16,4	1,804	41,0	46	110
29.3. "	62	90-100 cm	26,4	18,5	29,2	20,2	4,386	67,7	91	135
5.4. "	69	Epiaison	24,9	22,7	35,3	23,1	4,389	63,6	130	152
14.4. "	78	Laiteux	28,5	28,1	44,6	30,1	6,020	77,2	132	158
20.4. "	84	Pateux	24,1	29,8	46,4	32,6	5,542	65,9	135	168
26.4. "	90	Graines mûres	28,6	29,8	47,8	34,8	6,264	69,6	139	177

SDB6

11.3. "	44 j	45 cm HDL	19,1	11,6	-	18,2	1,267	28,8	45	105
23.3. "	55	90-100	-	-	-	20,2	4,848	88,1	96	129
29.3. "	62	Epiaison	24,6	25,0	30,7	23,9	5,019	80,9	101	133
2.4. "	66	Laiteux	25,6	24,1	35,5	27,7	7,040	106,6	108	142
8.4. "	72	Pateux	25,5	22,9	44,8	31,7	11,930	165,7	111	147
16.4. "	80	Graines mûres	27,2	24.4	55,8	33,1	8,952	111,7	118	161

Conditions de culture : sol caillouteux, blanc
Fumure : 50 N ; 25 P ; 50 K
Légende : F = feuilles ; T = tiges ; PE = plante entière
MST/ha = matière sèche en tonnes à l'hectare
R^t/JV = Rendement par jour de végétation
HDL = Hauteur à la dernière feuille ligulée

LA TOXICITE

La présence de durrhine, glucoside cyano-génétique, oblige à prendre quelques précautions dans l'utilisation du sorgho-fourrage. Celles-ci intéressent :

- le stade de récolte : la teneur en acide cyanidrique est plus élevée au stade jeune et décroît en général à partir de l'épiaison ou même dès le stade 5-6 feuilles (60-70 cm de hauteur).

- l'espèce et la variété :

. en premier cycle de végétation, les variétés de sudangrass sont inoffensives et peuvent être pâturées à tout âge. Les autres sorghos peuvent contenir de 7 mg à plus de 20 mg/100 g de matière verte. La littérature donne 20 mg/100 g comme dose toxique.

. les repousses ne doivent pas être consommées trop jeunes. Signalons que des tests de pâture par des moutons sur la SDB6 du groupe des sorghos fourragers n'ont mis en évidence aucun symptôme même pour des repousses de moins de 30 cm.

- les conditions culturales

Toutes les conditions qui ralentissent la croissance (sécheresse, basse température) augmentent le danger.

La fumure azotée excessive entraîne une élaboration accrue d'acide cyanidrique.

La disparition de cet acide est très rapide après la coupe, et par conséquent l'ensilage et l'affouragement en vert ne présentent aucun danger.

On peut donc recommander de couper le fourrage 24 H avant la consommation ; d'éviter le pâturage aux heures de photosynthèse intense (la matinée) ; d'éviter de pâturer les repousses trop jeunes ; d'envoyer les animaux pâturer le sorgho après une nourriture riche en amidon (maïs), le glucose dominant la vitesse de formation de l'acide cyanidrique dans le rumen.

UTILISATION DU GRAIN

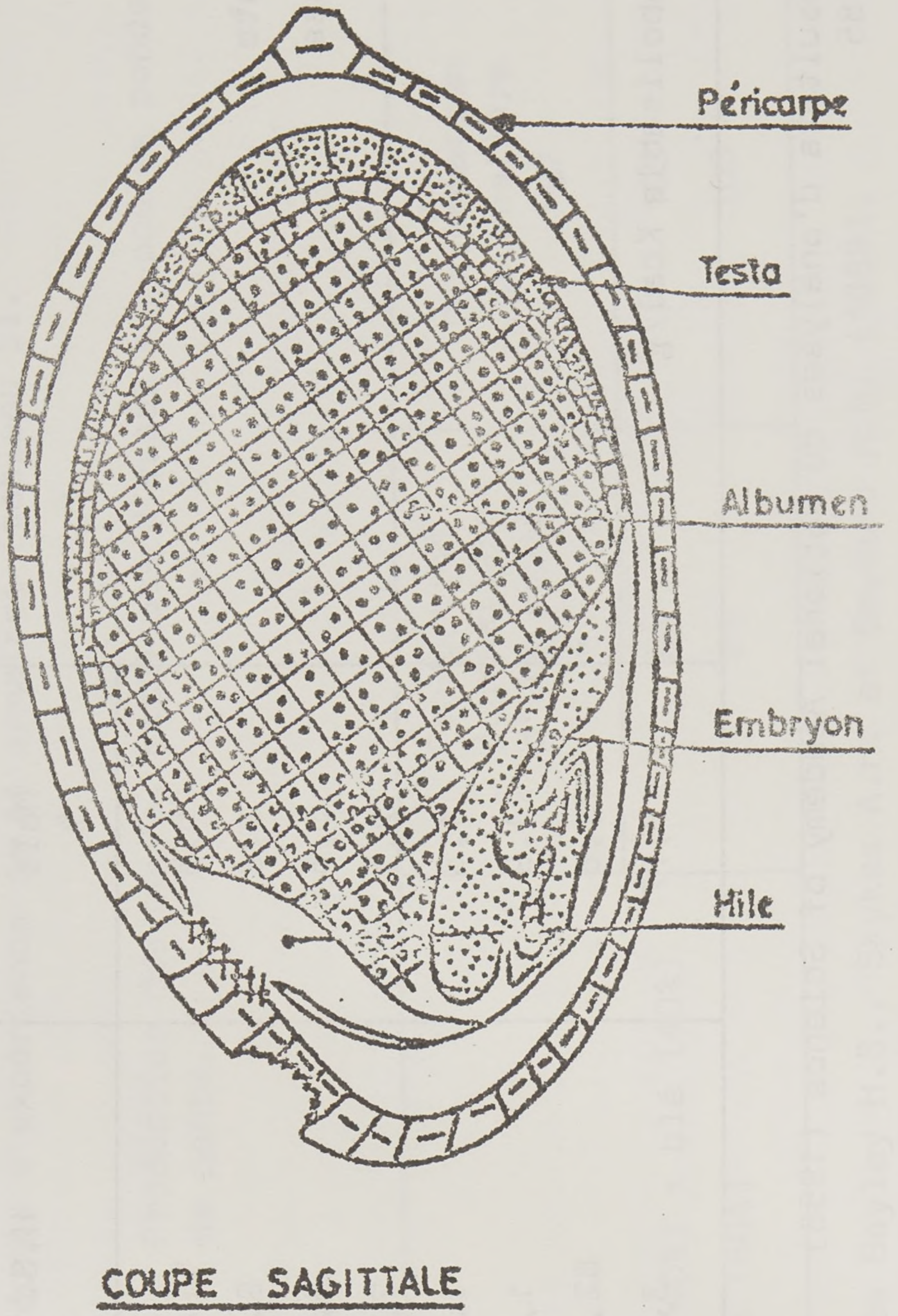
Le grain de sorgho est un caryopse c'est-à-dire un fruit sec indéhiscent dont les téguments de la graine sont soudés à la paroi de l'ovaire.

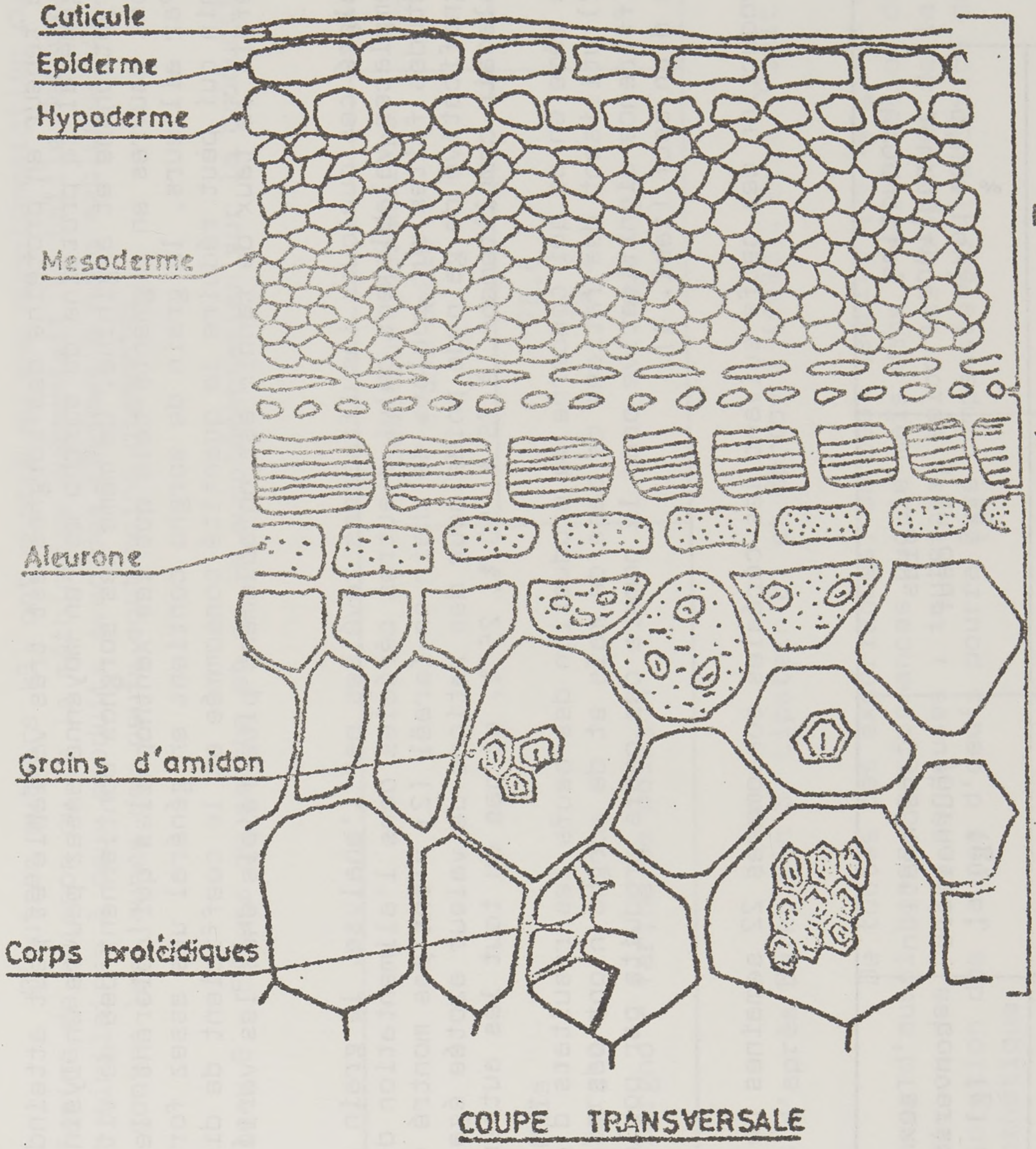
Du point de vue anatomique (pl 1) le grain est constitué essentiellement par l'embryon (7 à 12 % du poids du grain), le péricarpe ou tégument du fruit (7 à 9%) et l'albumen (80 à 85 %). L'albumen est farineux et plus ou moins corné selon les variétés. Les grains les plus cornés sont de cassure vitreuse ; ils sont particulièrement recherchés pour l'alimentation humaine.

L'analyse chimique du grain fait ressortir une grande analogie entre les grains de sorgho et de maïs. Nous donnons ci-après dans le tableau 3 l'analyse comparée de ces deux espèces. Les mêmes constituants existent à des taux comparables ; toutefois, les teneurs en amidon et en huile du sorgho sont plutôt plus faibles ainsi que son énergie métabolisable.

Planche 1

GRAINE DE SORGHO





P : Péricarpe
T : Testa
A : Albumen

Tableau 3 - Composition chimique des grains de maïs et de sorgho (1)

	Maïs %	U.S. Sorgho %
Humidité	15,3	11,3
Protéine brute	9,8	9,8
Matière grasse	3,6	3,1
Cellulose	2,1	2,4
Cendres	1,3	1,5
Sucre	1,9	1,8
Amidon	71,8	62,5
Energie métabolisable Kcal/g	3,77	3,38

(1) tiré des résultats d'analyses du National Academy of Science (1958) NRC publ. 585

La teneur en protéine des sorghos est très variable et peut atteindre 18%. Mais en général la protéine du sorgho est en moyenne assez pauvre en lysine, méthionine, tryptophane et arginine. De même les sorghos contiennent peu de vitamine A active et sont pauvres en pigments tels que les Xanthophiles qui colorent les jaunes d'oeufs. Par ailleurs, le grain de sorgho contient en général une assez forte teneur en tannin qui peut réduire la quantité consommée et le coefficient de digestibilité ; toutefois le taux de tannin est notablement plus faible chez les variétés améliorées.

Malgré ces quelques insuffisances révélées par l'analyse, le grain de sorgho peut remplacer valablement celui d'autres céréales dans l'alimentation des poulets. Des études faites sur poulets de chair en Israël (2) n'ont pas montré de différence significative de gain de poids pour des rations de valeur azotée égale où le sorgho remplaçait complètement, à 75 %, 50 %, 25 %, ou pas du tout les autres céréales.

De même en ce qui concerne la production des oeufs les résultats d'autres expériences (2) utilisant des rations de base de maïs et de sorgho n'ont pas mis en évidence de différence significative pour le nombre des oeufs produits par poule et le poids moyen d'un oeuf (tabl. 4).

Tableau 4 - Production des oeufs suivant les céréales consommées 22 semaines de ponte

	Production journalière d'une poule %	Poids d'un oeuf (g)	Consommation journalière (g)	Taux de conversion (g)
Maïs (71 %)	73,7	61,3	115	156
Sorgho (71 %)	73,0	60,1	111	156

(2) d'après Borstein S. et Bartov (1967) Brit-Poult Sci., 8, 223

En Angleterre (1) une comparaison a été faite entre les performances des poules pondeuses nourries avec des rations de type traditionnel comprenant 40% de maïs + 40 % de blé et des rations contenant 80% de sorgho. Il n'y a pas eu d'écart notable pour une durée d'expérience de 44 semaines (tableau 5).

Tableau 5 - Production des oeufs. Résultats d'essai sur poules pondeuses 44 semaines de ponte.

	Production journalière d'une poule %	Consommation journalière (g)	Taux de conversion (g)
Maïs (40%) + blé (40%)	63	109	179
Sorgho (80%)	63	106	167

d'après Bayley H.S., Skykes A.H. et Bayoumi M.S. (1969).

D'autres auteurs (3) ont montré qu'une supplémentation du sorgho avec de la farine de poisson ou de la méthionine augmentait la taille des oeufs et les rendait similaires à ceux produits avec des régimes à base exclusive de maïs (tabl. 6) ; par contre les jaunes des oeufs sont moins pigmentés.

Tableau 6 - Effets du sorgho et de la supplémentation sur la production des oeufs

	Production journalière d'une poule %	Poids d'un oeuf (g)
Maïs	78,8	56,9
Sorgho	79,2	55,2
Sorgho + farine de poisson	79,4	56,7

(3) d'après Bernstein S, Lipstein B. et Bartov I (1968). Brit. Poult Sci. 9, 329

De toutes ces expériences, on peut déduire que le grain de sorgho peut donner d'aussi bonnes performances que le maïs dans l'alimentation des poulets de chair ou des poules pondeuses ; toutefois, selon les exigences de la clientèle, la coloration des jaunes d'oeufs pourra être compensée par l'addition de carophylle synthétique.

CONCLUSION

La nécessité de couvrir la pénurie de fourrage durant la saison sèche nous a conduit à axer nos recherches sur une espèce capable d'une part d'assurer un report de récolte sur pied et d'autre part de fournir un bon ensilage. Ainsi que nous l'avons montré dans le texte, les Sorghos par leur diversité de formes, leur tolérance à la sécheresse, et leur souplesse d'utilisation offrent une bonne garantie d'adaptation à nos conditions culturales.

Les travaux poursuivis au Centre de Recherches Antilles-Guyane en collaboration avec des laboratoires de la métropole (Lusignan, Montpellier) portent plus particulièrement sur l'adaptation variétale, la résistance aux maladies, la hauteur des plantes et doivent aboutir dans une première étape à l'obtention de cultivars faciles à multiplier.

Dans l'immédiat, deux lignées (SDB6 et SDR40) sélectionnées au CRAAG sont proposées à la vulgarisation. Ces lignées autofécondées se multiplient par simple isolement géographique par rapport à toute autre culture de sorgho. Sorghos à "double fin", ces cultivars peuvent être utilisés soit pour l'affouragement au vert soit pour l'ensilage.

Par ailleurs, des hybrides Sudan x Sudan ou Sorgho x Sudan typiquement fourragers sont étudiés en vue de leur utilisation en fauche ou en pâture. Enfin le travail mené sur une large collection de sorghos-grain doit déboucher sur la culture du sorgho en tant que céréale dans des régions où la culture du maïs s'avère difficile.

RESUME

Le sorgho, graminée fourragère bien adaptée à nos régions, qui produit un fourrage abondant et de bonne qualité, doit trouver sa place dans les systèmes fourragers de façon à suppléer à la pénurie d'aliments du bétail durant la saison sèche.

Les différents groupes de sorghos offrent plusieurs possibilités d'exploitation. Les Sudangrass ou les hybrides Sorgho x Sudan peuvent être pâturés ou fauchés pour l'affouragement en vert. Les sorghos-grain, spécifiquement cultivés comme céréale produisent un grain de qualité comparable au maïs qui peut entrer dans l'alimentation des volailles et servir à la préparation d'aliments concentrés. Les sorghos de type intermédiaire sont de préférence utilisés en ensilage au stade de "Grain-pâteux".

Le sorgho se cultive à partir de semis à la main ou au semoir dans un sol bien ameubli et convenablement fumé, exempt de mauvaises herbes.

Les travaux poursuivis au Centre de Recherches Agronomiques des Antilles Guyane tendant à mettre à la disposition des éleveurs des sorghos représentant ces trois types de développement sous la forme de variétés faciles à multiplier par l'exploitant lui-même. Deux lignées sélectionnées au CRAAG sont déjà proposées à ceux qui désirent pratiquer l'ensilage. Des sorghos-grain et des sorghos de type fourrager vont bientôt faire l'objet d'expérimentation sur de grandes surfaces en collaboration avec les services de vulgarisation et les organismes professionnels.

SUMMARY

SORGHUM : ITS GROWING AND USES

Sorghum grass is a forage crop well adapted to our region. It produces high yields of good quality and must find its place in the forage system to supply the lack of animal feed during the dry season.

The different groups of sorghums offer various possibilities of exploitation. Sudan grass or Sudan x Sorghum hybrids can be grazed or mowed as green forage. Grain-sorghums specifically grown as a cereal are comparable in quality with maize and may be used in poultry feed and mixed in concentrates. Intermediate types of sorghum are rather used in silage at the pasty stage. Sorghum is sown by hand or by drill in a well loosened soil, with adequate fertilizer, and free of weed.

The work done at the INRA Center for the French Antilles and Guiana aims to stock breeders with varieties easy to multiply by themselves and in the three types of sorghums.

Two lines released by the CRAAG are already available for silage grain sorghums and forage sorghums will soon be experimented on large with extension services and professionals.

RESUMEN

EL SORGO : SU CULTIVO Y SUS UTILIZACIONES

El sorgo forajero es un foraje bien adaptado a nuestra región que da altos rendimientos de buena calidad. Tiene que hallar su plaza en los sistemas forajeros para suplir la escasez de alimentos del ganado durante la estación seca.

Los diferentes grupos de sorgos ofrecen varias posibilidades de explotación. Los Sudan grass o hibridos Sorgo x Sudan pueden ser pastoreados o cortados para la alimentación en verde. Los sorgos-granos, especificamente cultivados como cereal producen un grano de calidad comparable con el maiz que puede entrar en la alimentación de aves de corral o en la preparación de alimentos concentrados. Los sorgos de tipo intermediario son de preferencia utilizados para silaje al estado de "grano-pastoso".

El sorgo se cultiva iniciando con una sembradura manual o mecánica en un suelo bien mullido y adequadamente fertilizado, libre de malezas.

Los trabajos emprendidos en el Centro INRA de las Antillas y Guiana Francesas tienen como objetivo de proporcionar a los ganaderos sorgos con estos tres tipos de desarollo en la forma de variedades de multiplicacion facil por el ganadero. Dos lineas seleccionadas en el Centro INRA Antillas-Guiana ya son propuestas a les que desean hacer ensilajes. Sorgos-granos y sorgos forajeros van pronto a ser experimentados en grandes superficies con la colaboración de los servicios de extensión y los organismos profesionales.

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 189-207, 1978.

UTILISATION DE L'INDICE CLIMATIQUE CA DE TURC (1976) DANS UNE ETUDE DES POTENTIALITES AGRICOLES DE LA GRANDE-TERRE (GUADELOUPE)

J. GOUSSELAND(°)

avec la collaboration de Norbert JEAN-BART

I - INTRODUCTION

Constituée par des formations calcaires, la Grande-Terre, partie orientale de la Guadeloupe, présente une grande variété de climats hydriques.

La pluviosité moyenne annuelle passe en effet, sur quelques dizaines de kilomètres de moins de 1000 mm (Anse Bertrand, Pointe des Châteaux) à plus de 2000 mm (Plaine des Abymes (Lassere, 1962).

Il en résulte des potentialités agricoles extrêmement variables, dont il faut tenir compte pour la mise en valeur de cette région de l'île, où les sols varient de la rendzine au vertisol, suivant des toposéquences caractéristiques.

L'objectif de cette étude est de caractériser les divers milieux à partir de l'indice climatique de potentialité agricole (Turc, 1967) en comparant les valeurs obtenues aux rendements observés en canne à sucre.

En effet, cette culture est pratiquée partout en Grande-Terre depuis de très nombreuses années et son rendement, lié à l'histoire climatique de toute l'année précédant la récolte, est lui-même un bon indice de la potentialité du milieu lorsque les techniques culturales sont à l'optimum.

II - MODALITES DE L'ETUDE

2 - 1 Méthode utilisée

L'indice climatique a été calculé pour 37 postes pluviométriques de la Grande-Terre de 1958 à 1977 avec 4 niveaux de réserve en eau du sol (cf 2.4.4). En considérant (Turc, 1972) qu'un point d'indice correspond à 0.6 tonne de matière sèche à 30 % près, les indices se transforment en rendements (en tonnes de matière sèche à l'hectare). Quatre découpages de la Grande-Terre ont été faits en se fixant à chaque fois un niveau de réserve en eau du sol, chacune des zones ainsi délimitée étant caractérisée par une probabilité plus ou moins grande de donner lieu à un bon rendement. Les indices climatiques ont ensuite été confrontés aux rendements en canne à sucre obtenus d'une part par deux grandes exploitations (Beauport et Gardel) d'autre part par le Centre Technique de la Canne et du Sucre (CTCS) en Grande-Terre.

Quelques rendements obtenus par l'INRA en cultures fourragères ont été comparés aux indices calculés sur les mêmes lieux.

(°) Station d'Agronomie - I.N.R.A. - Antilles-Guyane, Domaine Duclos
97170 PETIT-BOURG (Guadeloupe)

2 - 2 - Mode de calcul de l'indice climatique

L'indice climatique annuel noté CA est la somme de 12 indices mensuels ; pour chaque mois, l'indice est le produit d'un facteur héliothermique Ht et d'un facteur sécheresse Fs (fig. 1).

Le facteur héliothermique rend compte du bilan photosynthèse-respiration ; il est fonction de la température moyenne de l'air, de la durée du jour et du rayonnement global ; il atteint ses plus grandes valeurs en jours longs et lorsque la température est de 30°C.

Le facteur sécheresse dépend de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et de la satisfaction des besoins en eau pour le mois considéré mais aussi pour les mois précédents grâce à un report (rep) traduisant l'action d'une sécheresse sévère sur le couvert végétal. La sécheresse sera plus ou moins longue selon le niveau de la réserve facilement utilisable (RFU) ; rappelons que cette notion exprime la quantité d'eau que la plante peut extraire du sol lorsque son évapotranspiration est maximale (ETP = ETM).

2 - 3 - Critiques de l'indice climatique

Ces critiques sont proposées par Turc lui-même (1972). Tout d'abord l'indice n'offre qu'une validité contemporaine ; en effet les rendements sont susceptibles d'évoluer avec le progrès technique. Il faut donc réajuster périodiquement cet indice. Ensuite les calculs sont faits à partir de données macroclimatiques mensuelles dont l'intérêt est d'assurer une certaine stabilité aux indices obtenus pour les postes météorologiques d'une même région climatique. Ce faisant, les résultats risquent de manquer de finesse à l'échelle de régions plus petites ; dans ce cas tout en conservant la structure de l'indice, on pourrait l'adopter en jouant sur le poids des différentes variables. On peut enfin regretter que, par construction, l'indice ne prenne pas en compte la nécessité de périodes froides pour la réalisation du cycle de certaines plantes, ni les effets néfastes des excès d'eau.

2 - 4 - Importance relative des paramètres climatiques de la Grande-Terre

2-4-1 - Le facteur thermique

La température moyenne mensuelle de l'air varie peu au cours de l'année (de 23,0°C à 27,5°C au Raizet) et peu également entre les différents postes de la Grande-Terre ; le facteur thermique est donc proche de l'optimum (0,90) puisqu'il est compris entre 0,85 et 0,89.

2-4-2 - Le facteur solaire

Pour une insolation mensuelle supérieure à 100 heures (souvent comprise entre 170 et 280 heures), le rayonnement global n'est pas facteur limitant. Le facteur solaire est donc fonction de la durée astronomique du jour, cette dernière évoluant peu sous nos latitudes (entre 11h 14 et 13h 09 pour 16°15') ; par conséquent le facteur solaire prend ses valeurs entre 5,97 et 7,92.

2-4-3 - L'indice héliothermique

Ainsi l'indice héliothermique est compris entre 5 (en décembre et janvier) et 7 (en juin et juillet). En l'absence de sécheresse (Fs = 1), l'indice climatique peut atteindre 74 : cette valeur est quasiment le maximum absolu des valeurs obtenues par l'indice dans toutes les stations climatiques du globe.

2-4-4 - Le facteur sécheresse

Mais le facteur sécheresse fluctue entre 0 (déficit sévère) et 1 (alimentation hydrique satisfaisante) et il peut s'annuler 4 à 8 mois de suite. L'évapotranspiration potentielle est assez stable d'un lieu à l'autre, d'une année à l'autre ; elle varie de 95 mm à 155 mm selon le mois. Par contre, la pluviométrie mensuelle présente une grande diversité dans l'espace et dans le temps ; c'est ce paramètre qui détermine les potentialités agricoles. Les 4 niveaux de RFU ont été choisis arbitrairement : RFU = 20 mm correspondra à un sol lithique ou à une rendzine où l'enracinement est souvent réduit tandis que RFU = 200 mm sera associé à un vertisol ou à un sol sur matériaux ferrallitiques dans lesquels l'enracinement peut être dense et profond, RFU = 50 mm et RFU = 100 mm pourront être associés aux sols dont les caractéristiques sont intermédiaires.

2 - 5 - Les données

2-5-1 Les données climatiques

Les données de température et d'insolation proviennent toutes du poste météorologique du Raizet ; en effet les deux autres postes assez complets existant sur la Grande-Terre ne convenaient pas ; Petit-Canal présente des anomalies, et Saint-François a été installé trop récemment. L'extension à toute la Grande-Terre des données relevées au Raizet ne semble cependant pas poser de problème en ce qui concerne la température de l'air et la durée de l'insolation. La pluviométrie a été relevée en 37 points répartis sur toute la Grande-Terre mais les Grands Fonds et le Nord Est sont mal représentés. Les calculs ont été effectués sur les années 1958 à 1977 pour 25 postes, sur des séries moins longues pour les 12 autres postes pluviométriques. Cette période offre des types variés d'années climatiques avec des saisons pluviométriques plus ou moins marquées : carême (ou saison sèche) sec et hivernage (ou saison pluvieuse) pluvieux en 1966 et 1977, carême sec et hivernage sec en 1963, 1965, 1973 et 1976, carême pluvieux et hivernage pluvieux en 1958 et 1970.

2-5-2 Les données de rendement en canne à sucre

Les rendements en canne à sucre comparés avec CA sont les moyennes des rendements de chaque parcelle des exploitations des usines sucrières pour chaque campagne de coupe. La principale variété cultivée ces 20 dernières années est la B46 364. Les seuls rendements connus sont les rendements de canne exprimés en matière fraîche ; pour les comparer aux valeurs de CA, un taux moyen de 30% de matière sèche a été choisi. Pour chaque année et pour chaque usine, un indice climatique a été calculé en prenant RFU = 100 mm et en donnant le même poids à toutes les exploitations (comportant chacune un pluviomètre) qui constituent le faire valoir direct des usines. Pour le calcul de ces indices, nous avons considéré des périodes de végétation s'étalant du 1er avril au 31 mars de l'année suivante. Chacun des résultats expérimentaux obtenus en B46 364 par le CTCS entre 1962 et 1967 en 18 points répartis sur la Grande-Terre est associé à un indice climatique calculé sur la période de végétation effective avec une RFU de 100 mm sauf dans le cas des essais en sol profond (sur matériaux ferrallitiques) où RFU = 200 mm.

2-5-3 Les données de rendement en cultures fourragères

Ces données sont très peu nombreuses mais les conditions de leur obtention sont assez bien connues.

III - RESULTATS

L'ensemble des indices annuels calculés (environ 3000) n'est pas présenté ici. Les valeurs extrèmes sur les 20 dernières années sont CA = 10 à Anse-Bertrand en 1973 (RFU = 20 mm) et CA = 74 obtenu sur plusieurs postes en 1959, 1963, 1966, 1970, 1972 (RFU = 100 ou 200 mm). Cette variabilité est presque aussi importante que celle que Turc (1972) a observé à l'échelle du globe avec des données moyennes annuelles : CA = 14 à Haparanda (nord de la suède), CA = 75 au Congo.

3 - 1 - Influence du niveau de la RFU

Tous postes et toutes années confondu, l'influence de la RFU semble modeste (tableau 1) puisque seulement 10 points d'indice séparent les sols à RFU extrèmes soit sur un rapport de $\frac{51,0}{41,9} = 1,2$.

Cependant l'écart peut être plus important : jusqu'à 14 (comme à Saint-François) en 1958, 1962 et 1964) ; il peut aussi être nul (cas de nombreux postes certaines années). Il reste que cet effet modéré nous incite à considérer l'effet des autres facteurs pour une seule réserve facilement utisable (RFU = 100 mm).

3 - 2 - Influence de l'année

La dipersion des résultats selon les années est élevée (tableau 2). Sur l'ensemble de la Grande-Terre, les valeurs de l'indice les plus faibles sont obtenues en 1977 (31,7), les plus fortes en 1962 (61,4), soit un rapport de 1,9. Mais la dispersion devient très grande pour certains postes tels que Saint François où les extrêmes sont atteints en 1977 (14,6) et en 1970 (51.5) le rapport est alors de 3,5. Pour l'indice, les meilleures années sont 1962, 1969 et 1970 où la moyenne est proche de 60 ; les plus mauvaises sont 1975 et 1977 avec une moyenne inférieure à 35.

3 - 3 - Influence du lieu

Si l'on confond toutes les années, l'indice s'étale de 32,9 (Saint François) à 58,8 (le Raizet) ; cette amplitude est du même ordre que celle de l'effet année (rapport de 1,8). Mais selon les années, le rapport des indices obtenus par les postes extrêmes peut varier de 1,2 en 1958 à 5,5 en 1965 ; ceci est lié à la plus ou moins grande homogénéité de la distribution des pluies sur la Grande-Terre. C'est pourquoi une étude fréquentielle de l'indice climatique s'impose.

3 - 4 - Etude fréquentielle de l'indice climatique

Pour chaque poste pluviométrique, l'histogramme des valeurs prises par CA entre 1958 et 1977 permet de déterminer la fréquence de dépassement de deux seuils 30 et 60 ; on peut ainsi exprimer la probabilité d'obtenir une production à l'hectare faible (inférieure à 30) ou élevée (supérieure à 60 tonnes de matière sèche).

- la classe à faibles risques (fréquence inférieure à 0,1 quel que soit le seuil) où les histogrammes montrant la dispersion la plus faible : classe A.

- les classes à risques modérés (fréquence comprise entre 0,1 et 0,3) ; ce sont les classes B,D et E, cette dernière étant celle où les histogrammes sont les plus aplatis.

- les classes à risques élevés (fréquence supérieure à 0,3 pour l'un ou l'autre seuil) : classes C et G ; il n'existe pas de classes pour lesquelles il existe un risque élevé de dépassement simultané des deux seuils. Les situations les plus favorables du point de vue de la production agricole sont celles qui minimisent le risque d'un faible rendement tout en maximisant le risque d'un fort rendement : classe G. La classe A est celle des situations assurant une bonne régularité des rendements chaque année.

Les figures 2 à 5 représentent la répartition géographique de ces classes en fonction des différents niveaux de RFU ; tant que les sols de la Grande-Terre ne seront pas caractérisés du point de vue de leur RFU, il ne sera pas possible d'établir une carte unique des potentialités agricoles.

3 - 5 - Indice climatique et rendement des cultures

Les rendements en canne à sucre des grandes exploitations de Beauport et de Gardel sont bien corrélés (coefficients de 0,72 et 0,77, significatifs à 1%) avec les indices climatiques associés (figure 6). Les rendements en matière sèche (R.M.S.) et les estimations de CA (CA) ont une évolution grossièrement parallèle dans le temps bien que les indices soient plus sensibles aux effets années que les rendements (figure 7). Le rapport : RMS/CA (✱) voisin de 0,50 de 1960 à 1962 chute à 0,35 de 1967 à 1976 (figure 7).

Les rendements en canne des essais CTCS sont également bien corrélés (coefficient de 0,73 hautement significatif) avec les indices climatiques de chaque parcelle d'essai (figure 9) ; les rendements les plus élevés correspondent à des canne plantées agées de 18 mois environ. La plupart des rendements des pâturages à Pangola ne semblent pas contrarier la relation : RMS = f(CA) ; leur rapport à l'estimation de l'indice est compris entre 0,47 et 0,59 (figure 10).

IV - DISCUSSION

4 - 1 - Valeur de l'indice climatique

D'après les diverses corrélations obtenues, l'indice CA semble bien rendre compte des mécanismes de la croissance des végétaux qui produisent le rendement. Cependant, l'indice CA ne convient pas tout à fait à notre objectif car s'il donne des indications précieuses sur la part de la potentialité liée au climat, il ne rend pas bien compte de la part liée au sol.

Le sol n'intervient dans CA que par la quantité d'eau cessible aux plantes ; sa porosité, son drainage, sa salinité, sa fertilité sont supposés optimaux ainsi que la pente et l'exposition.

De plus, la notion de RFU doit être remise au cause car elle schématise trop grossièrement la dynamique de l'eau dans les sols en mésestimant la participation des couches profondes à l'alimentation hydrique des plantes.

(✱) D'une manière générale, et pour différentes cultures, ce rapport est voisin de 0,6 quand la production est optimale.

Or dans les vertisols, le déplacement de l'eau vers les racines est lent (J.C. Hudson 1964). On peut donc penser, qu'en période sèche, les couches profondes du profil permettront, par ascension capillaire, une alimentation en eau modérée mais régulière des plantes cultivées.

4 - 2 - L'indice climatique et le rendement en canne à sucre

L'écart important de 0,35 à 0,60 observé pour le rapport RMS/CA sur les rendements moyens des usines entre 1967 et 1976 peut être dû à une surestimation de CA, ou à un rôle limitant des techniques culturales, ou encore à une sous-estimation de la teneur des cannes en matière sèche ; cette dernière hypothèse semble peu probable. La surestimation de CA peut provenir d'une surestimation de la RFU, de la non prise en compte au niveau du terme "Précipitations" des effets secondaires des pluies (ruissellement, engorgement et aussi érosion et tassement).

En effet, la RFU peut être estimée par excès, mais aussi par défaut et les effets de ruissellement et d'engorgement sont fréquents en Grande-Terre où coexistent des plateaux ondulés et des prairies hydromorphes. Cependant les techniques culturales utilisées par les exploitations des usines ne sont pas optimales ; et l'on peut mettre en cause :

- la disparition des plantations de canne dites "grande culture" ou au profit des "petites cultures", avec un cycle approximatif de 18 mois pour les premières, de 10 mois pour les secondes ; ceci a pour effet une diminution sensible des rendements à la récolte de la canne plantée (premier cycle de la plantation) mais aussi sur le rendement des rejetons (cycles suivants).

- des opérations de remodelage des parcelles trop brutales ; le remodelage vise à aplanir le relief au bulldozer et à améliorer le drainage en créant des fossés ; le sol souvent trop rajeuni est moins fertile (A. Alfonso Linares et Y. Dumas 1975) ; de plus le drainage est insuffisant malgré les fossés et les billons.

- une fertilisation irrégulière dans le temps et dans l'espace, parfois absente.

- des effets secondaires du brûlage à la récolte ; le brûlage affaiblit la repousse des rejetons ; il les rend plus sensibles à la sécheresse en éliminant le mulch de paille, et il favorise ainsi la levée des mauvaises herbes (Lemaire, 1971).

- un contrôle insuffisant des mauvaises herbes et des ravageurs (borer, *Elasmopalpus*, rat, bovin).

- des pertes diverses à la récolte (mécanisation, délai important entre la coupe et le broyage) et au transport.

Les meilleures performances des parcelles d'essai du CTCS (rapport RMS/CA voisin de 0,55 en moyenne) peuvent être dues au fait d'avoir été obtenues en parcelles d'essai où les conditions techniques de la plantation à la coupe sont généralement meilleures que dans les parcelles de grande taille des voisins. L'augmentation de rendement relative à la potentialité observée ces 5 dernières années (figure 8) pourrait être liée à l'abandon du brûlage avant la récolte sur une grande partie des parcelles des usines.

4 - 3 - L'indice climatique et le rendement des cultures fourragères

De même que les résultats expérimentaux du CTCS, les rendements en Pangola obtenus en parcelles expérimentales par l'INRA sont assez proches des potentialités calculées sur les périodes de végétation correspondantes ; cela traduit des techniques culturales satisfaisantes.

V - CONCLUSION

L'indice climatique de potentialité agricole a permis de mettre en évidence des zones à potentiels très différents.

On peut noter que les franges Est et Nord-Est de la Grande-Terre ont des potentialités faibles quelle que soit la RFU du sol. Par contre la partie Sud-Ouest offre des potentialités élevées même dans le cas de sols à faible RFU.

L'intérêt de ce type de cartographie est d'exprimer directement la potentialité en rendement possible (tonnes de matières sèche par hectare et par an). La comparaison avec les rendements réels (rapport RMS/CA) permet de définir, à une période donnée, la baisse de production par rapport au rendement optimal, ce qui visualise clairement la marge possible de progrès.

Mais l'obtention du rendement maximal demande que toutes les conditions techniques de production soient optimales, ce qui est loin d'être le cas actuellement dans la culture de la canne à sucre en Grande-Terre.

-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à MM LE BORGNE, GUIGNABAUDET de Beauport, NOIRTIN, MARIMOUTOU de Gardel et aussi à M. CHAUFFARDET du CTCS pour les renseignements qu'ils m'ont obligeamment fournis.

BIBLIOGRAPHIE

Les données climatiques ont été fournies par la Météorologie Nationale (Aéroport du Raizet).

Les données de rendements en canne à sucre proviennent de l'usine de Beauport et du CTCS.

ALFONSO-LINARES (A.), DUMAS (Y.).- Profil cultural et croissance de la canne à sucre. INRA-AG, multigr., 28 p., 1975.

HUDSON (J.C.). - Sugar cane root systems in relation to soils, cultivations and moisture supply. Minis. Agric. Fish. Barbados. Bull. 39, 48 p. 1964.

LASSERRE (G.). - La Guadeloupe - 2 vol. Union Française d'impression, Bordeaux, 1135 p., 1962.

LEMAIRE (Y.). - Evolution de la production de canne et du sucre à l'hectare sur 20 ans (1951 - 1971) en Grande-Terre. Comparaison entre trois exploitations sucrières. Influence de la pluviométrie, du brûlage, de la mécanisation et du mode de culture. Notes et Informations du CTCS de la Guadeloupe 71, 3, 15-19, 1971.

TURC (L.). - Incidence des facteurs macroclimatiques sur les productions végétales (indice climatique de potentialité agricole). Fourrages 31, 10-35, 1967.

TURC (L.). - Indice climatique de potentialité agricole. Sci. Sol., 2, 81-102, 1972.

Figure 1 - Calcul de l'indice climatique de potentialité agricole de Turc (Indice mensuel) CA = HT x Fs

HT = indice héliothermique

HT = Ft x Fh

Ft = facteur thermique

$$Ft = \frac{t(60 - t)}{1000} \times \frac{m - 1}{4}$$

t = température moyenne de l'air le mois (en °C)

m = moyenne des minimums quotidiens, si 1 m 5°C ;

si m $\geqslant$ 5°C, $\frac{m - 1}{4} = 1$

Fh = facteur solaire

Fh = min (Q_1, Q_2)

$Q_1 = H - 5 - (\lambda/40)^2$

$Q_2 = 0{,}03\ (lg - 100)$

H = durée astronomique du jour (en heures)

λ = latitude en degrés

lg = rayonnement global en petites calories /cm²/jour

$$lg = lg_A\ (0{,}18 + 0{,}62\ \frac{h}{H})$$

lg_A = rayonnement global hors atmosphère

h = moyenne mensuelle de l'insolation journalière en heures

$$h = \frac{hm}{j}$$

hm = insolation du mois, en heures

j = nombre de jours du mois

Fs = facteur sécheresse

$$Fs = \frac{X - Bi}{X} + rep$$

x = min (ETP, 0,3 ETP = 50)

ETP Turc = $0{,}013\ j\ \frac{t}{t + 15}\ (lg + 50)$, en mm

Bi = besoin en eau d'irrigation, en mm

rep = report du mois précédent ; $-1 \leqslant rep \leqslant 0$

soit $Q_3 = \frac{X - Bi}{X} + rep$

- si $Q_3 > 0$, alors $Fs = Q_3$ et rep = 0
- si $-1 \leqslant Q_3 \leqslant 0$, alors Fs = 0 et rep = Q_3
- si $Q_3 \leqslant -1$, alors Fs = 0 et rep = -1

Calcul de Bi :

Soit $Y = ETP - P - R_1$

P = précipitations du mois

R_1 = niveau de la RFU au début du mois

R_2 = niveau de la RFU à la fin du mois

Rmax = RFU pleine

- Si $Y \leqslant 0$, $R_2 = -Y$; (R_2 Rmax) et Bi = 0
- Si $Y > 0$, $R_2 = 0$ et Bi = Y

FIGURE N° 2

CARTE DES INDICES CLIMATIQUES DE POTENTIALITE DE LA GRANDE - TERRE

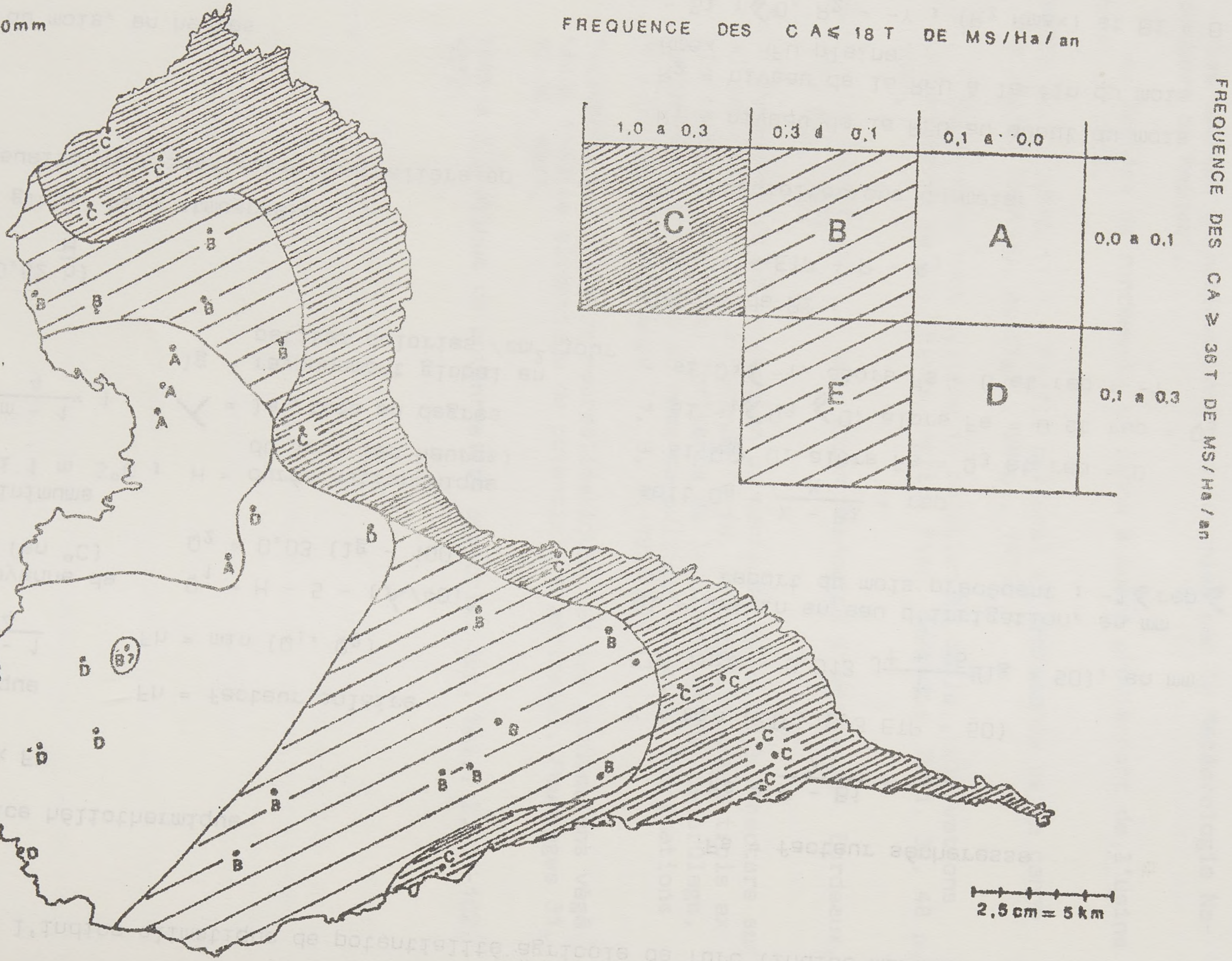


FIGURE N° 3

CARTE DES INDICES CLIMATIQUES DE POTENTIALITE DE LA GRANDE - TERRE

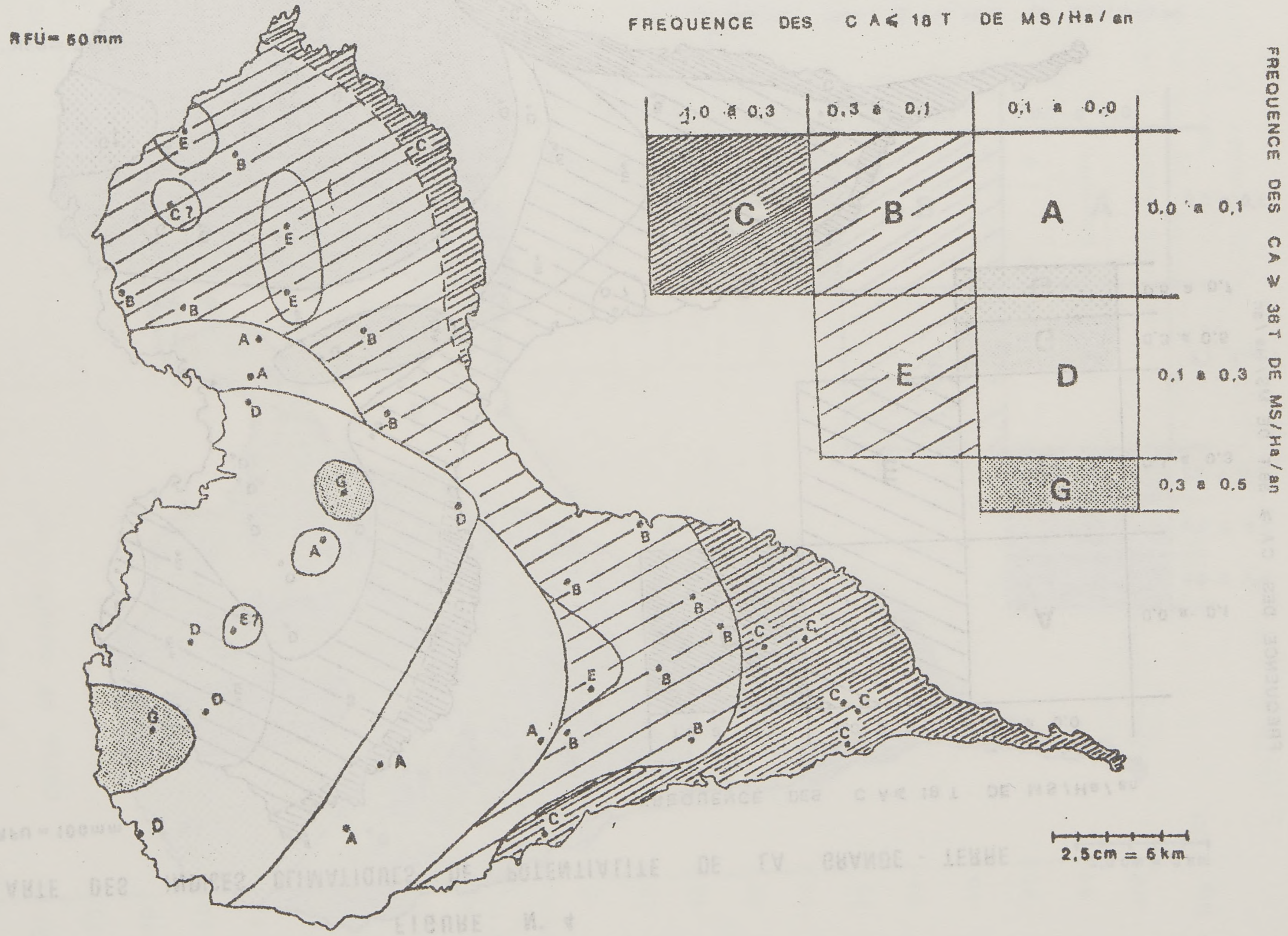


FIGURE N° 4

CARTE DES INDICES CLIMATIQUES DE POTENTIALITE DE LA GRANDE - TERRE

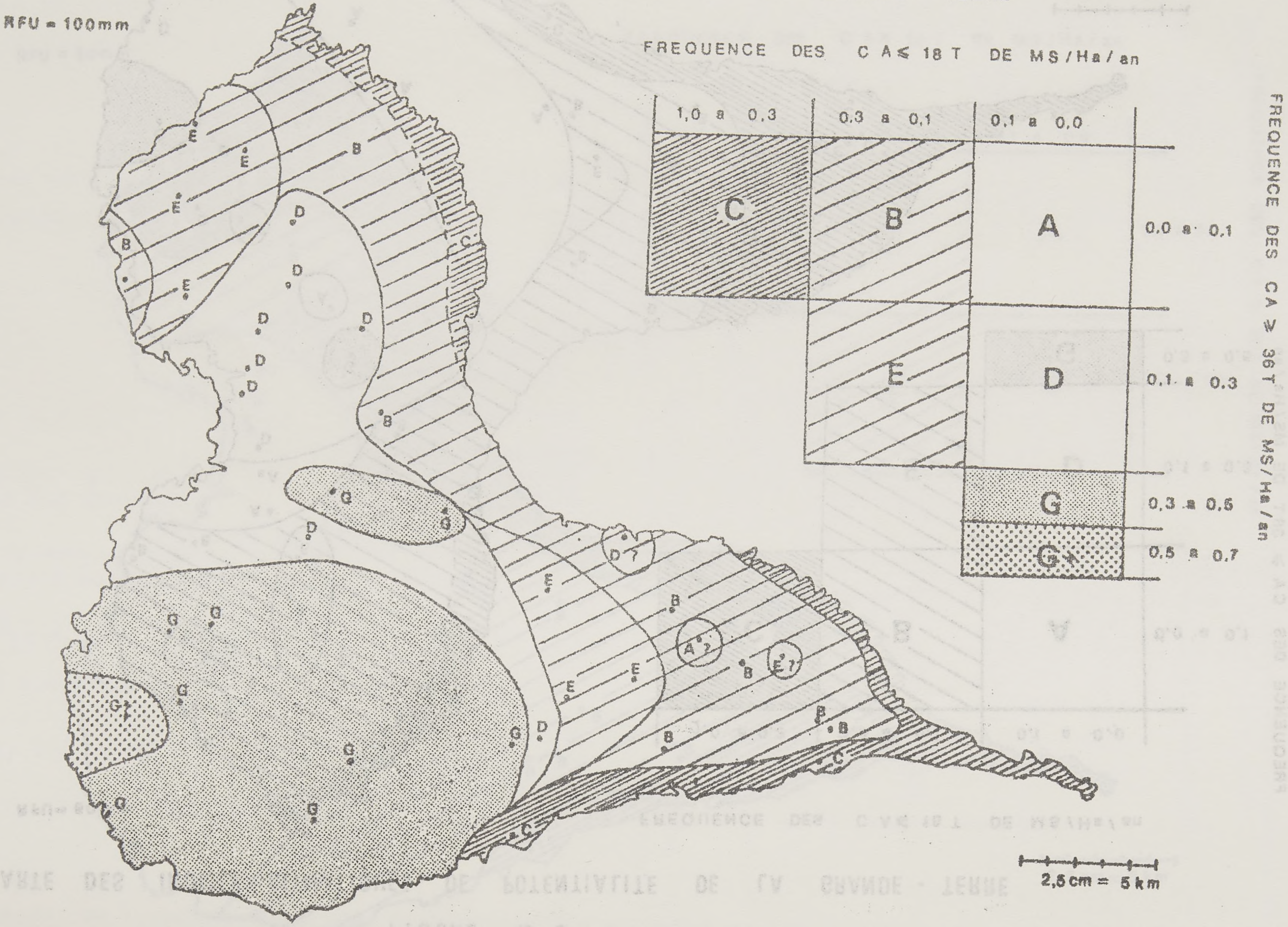


FIGURE N° 5

CARTE DES INDICES CLIMATIQUES DE POTENTIALITE DE LA GRANDE - TERRE

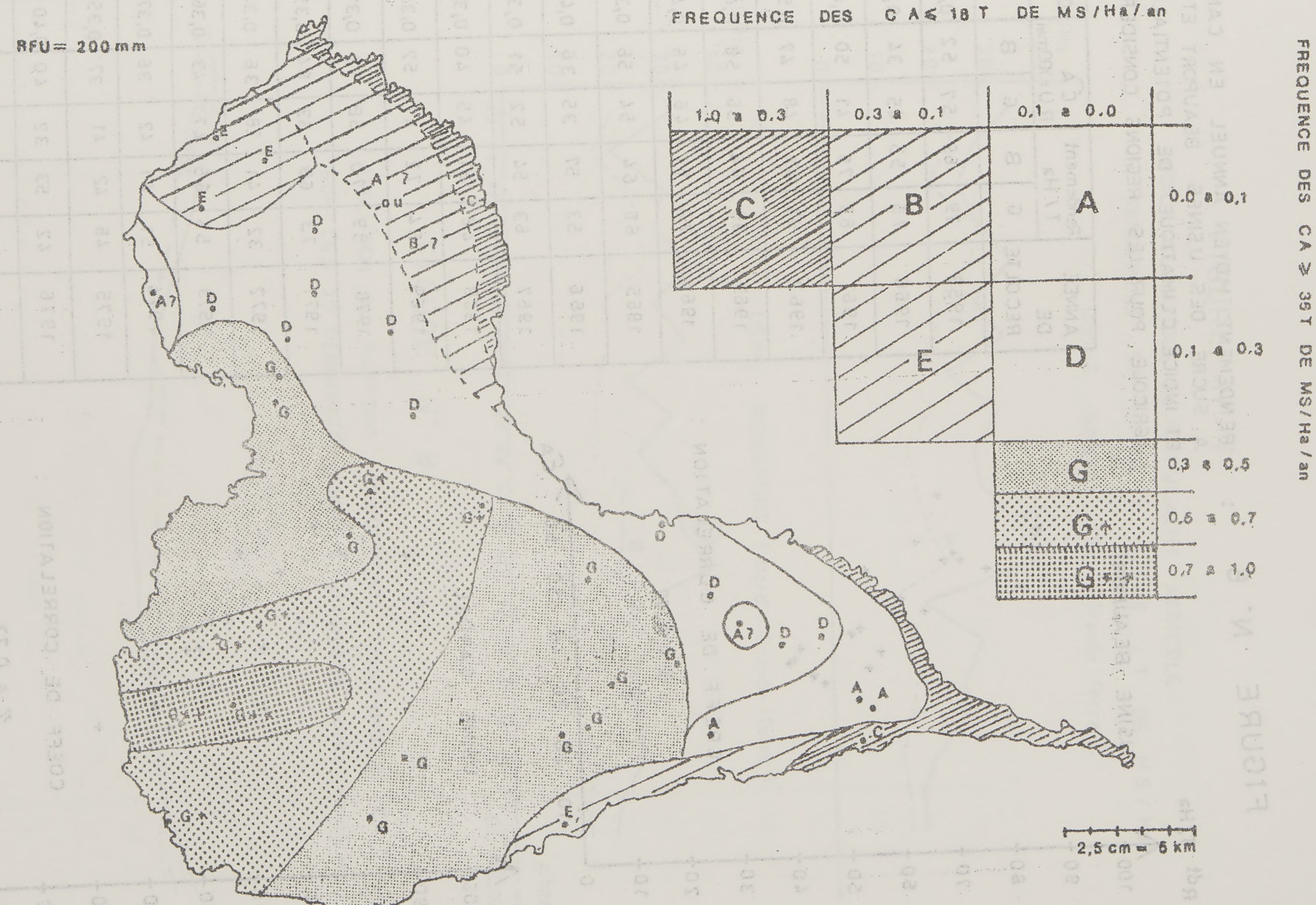
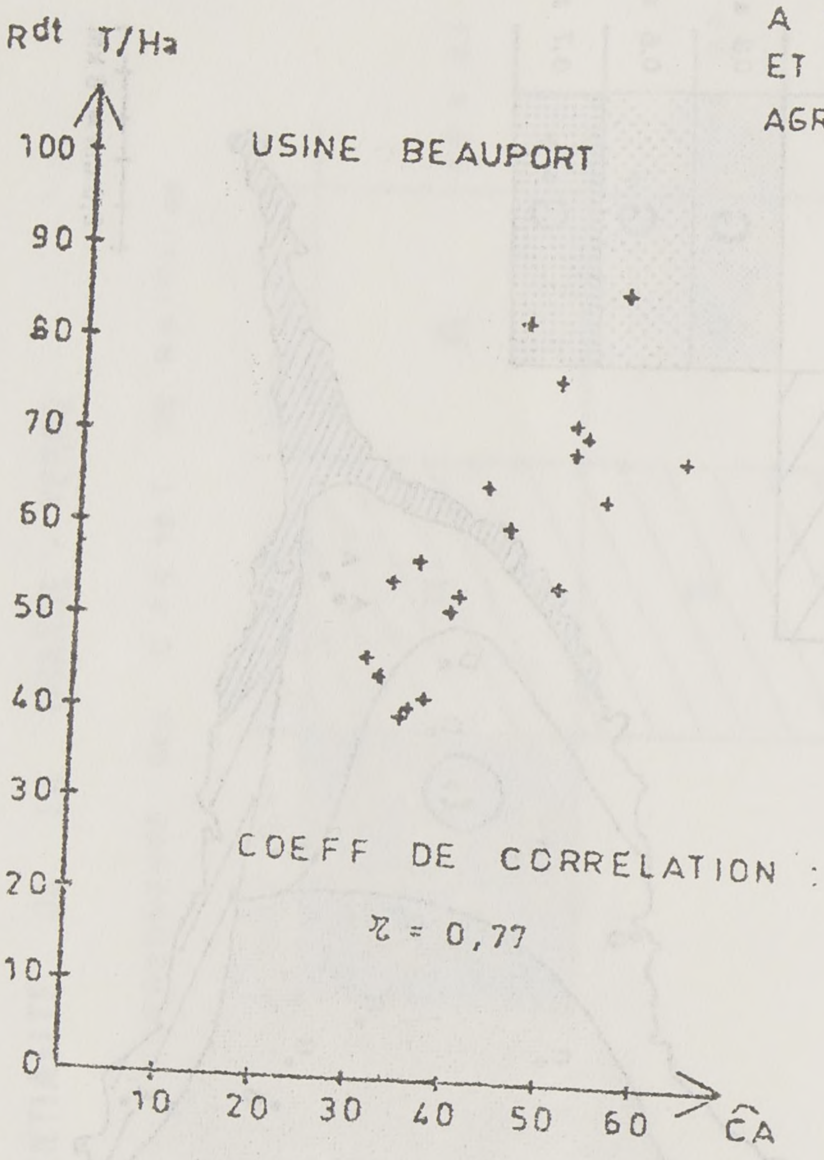
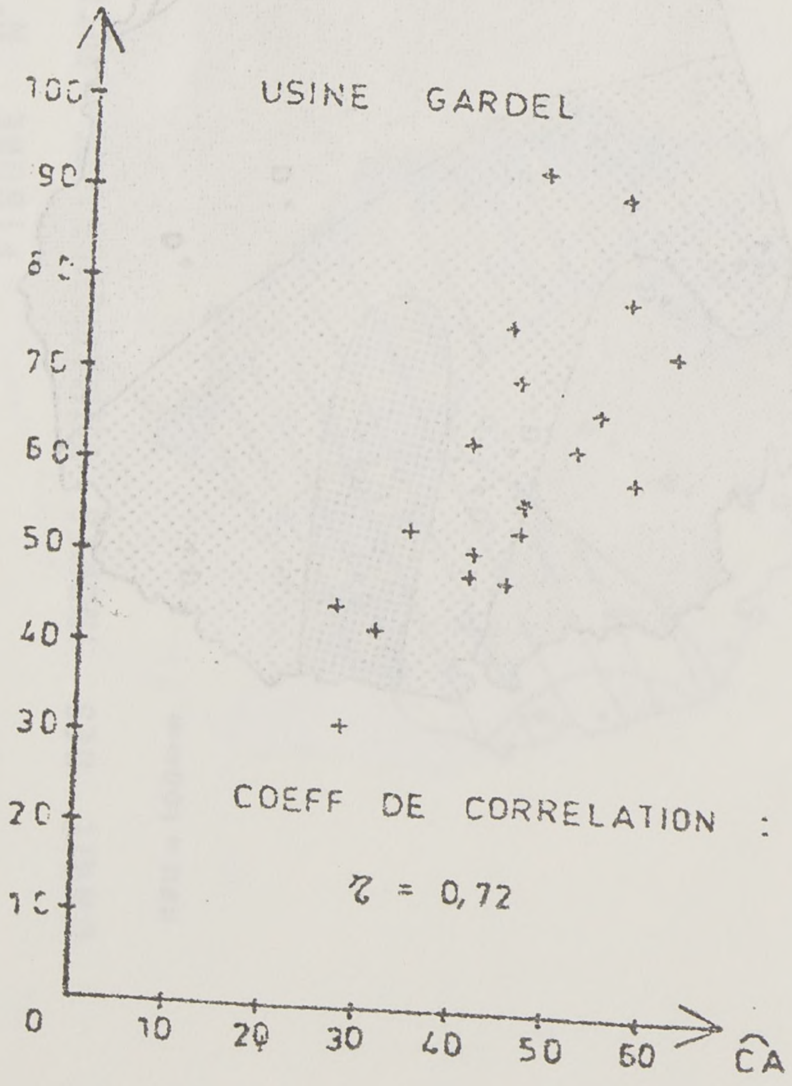


FIGURE N° 6 : RENDEMENT MOYEN ANNUEL EN CANNE A SUCRE DES USINES BEAUPORT ET GARDEL ET INDICE CLIMATIQUE DE POTENTIALITE AGRICOLE POUR LES REGIONS CONSIDEREES.



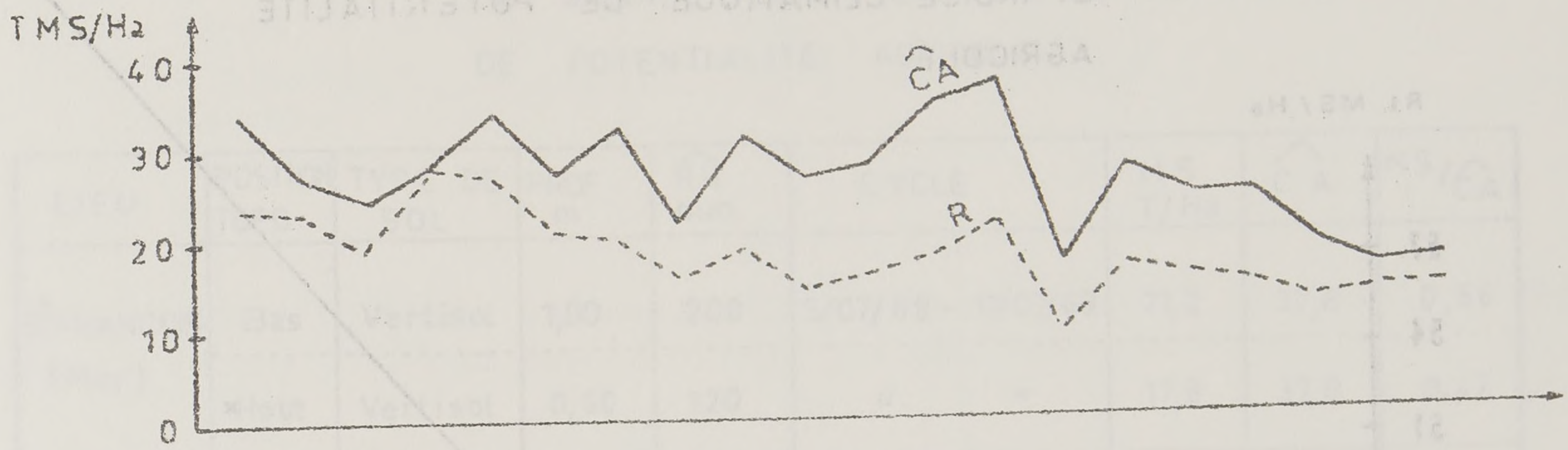


ANNEE DE RECOLTE	Rendement T / Ha		ĈA R U = 100mm		0,3 R/ĈA	
	G	B	G	B	G	B
1959	79	69	57	52	0,42	0,40
1960	76	55	45	34	0,50	0,49
1961	63	76	41	50	0,46	0,45
1962	93	83	48	47	0,58	0,53
1963	90	86	56	58	0,48	0,45
1964	70	61	46	46	0,46	0,40
1965	66	64	54	56	0,37	0,34
1966	53	57	35	36	0,46	0,47
1967	63	54	52	51	0,36	0,32
1958	48	51	45	40	0,32	0,39
1969	54	72	47	52	0,35	0,42
1970	59	70	58	53	0,31	0,40
1971	73	69	63	64	0,35	0,32
1972	32	41	28	36	0,34	0,35
1973	56	65	47	43	0,36	0,46
1974	51	41	42	36	0,37	0,35
1975	48	42	41	37	0,35	0,34
1976	42	53	32	40	0,40	0,40
1977	45	44	27	33	0,49	0,41
1978	46	46	28	31	0,49	0,45

FIGURE N° 7

INDICE CLIMATIQUE DE POTENTIALITE AGRICOLE
ET RENDEMENT EN CANNE A SUCRE (T DE MS/Ha)

USINE GARDEL (Est Grande-Terre)



USINE BEAUPORT (Nord Grande-Terre)

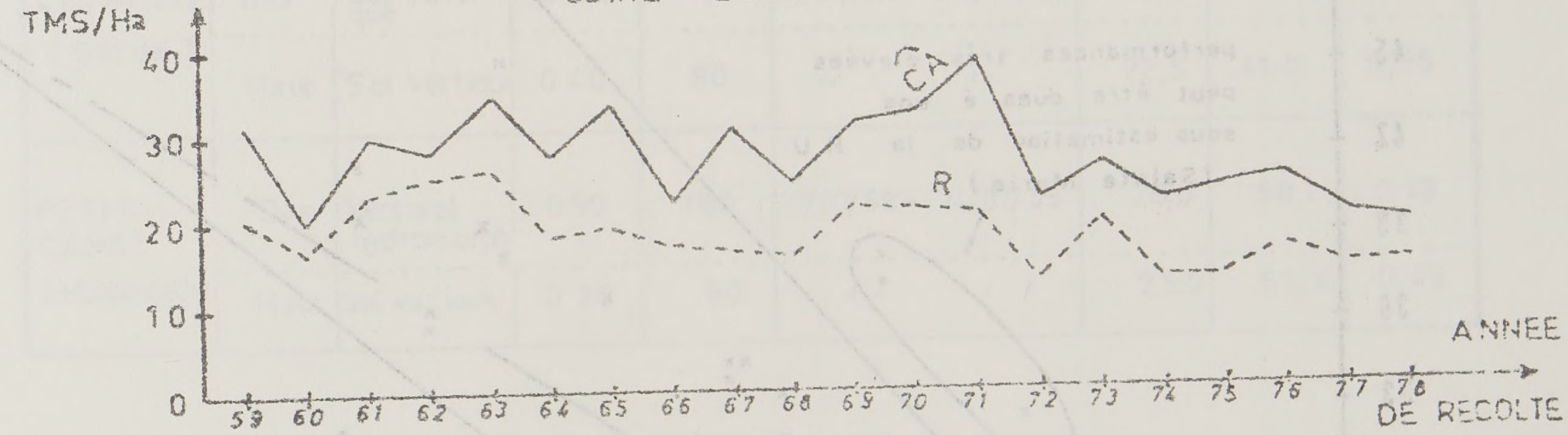


FIGURE N° 8

EVOLUTION DU RAPPORT RENDEMENT MS/INDICE CA
SUR LES 20 DERNIERES ANNEES (Moyenne mobile sur 4 ans)

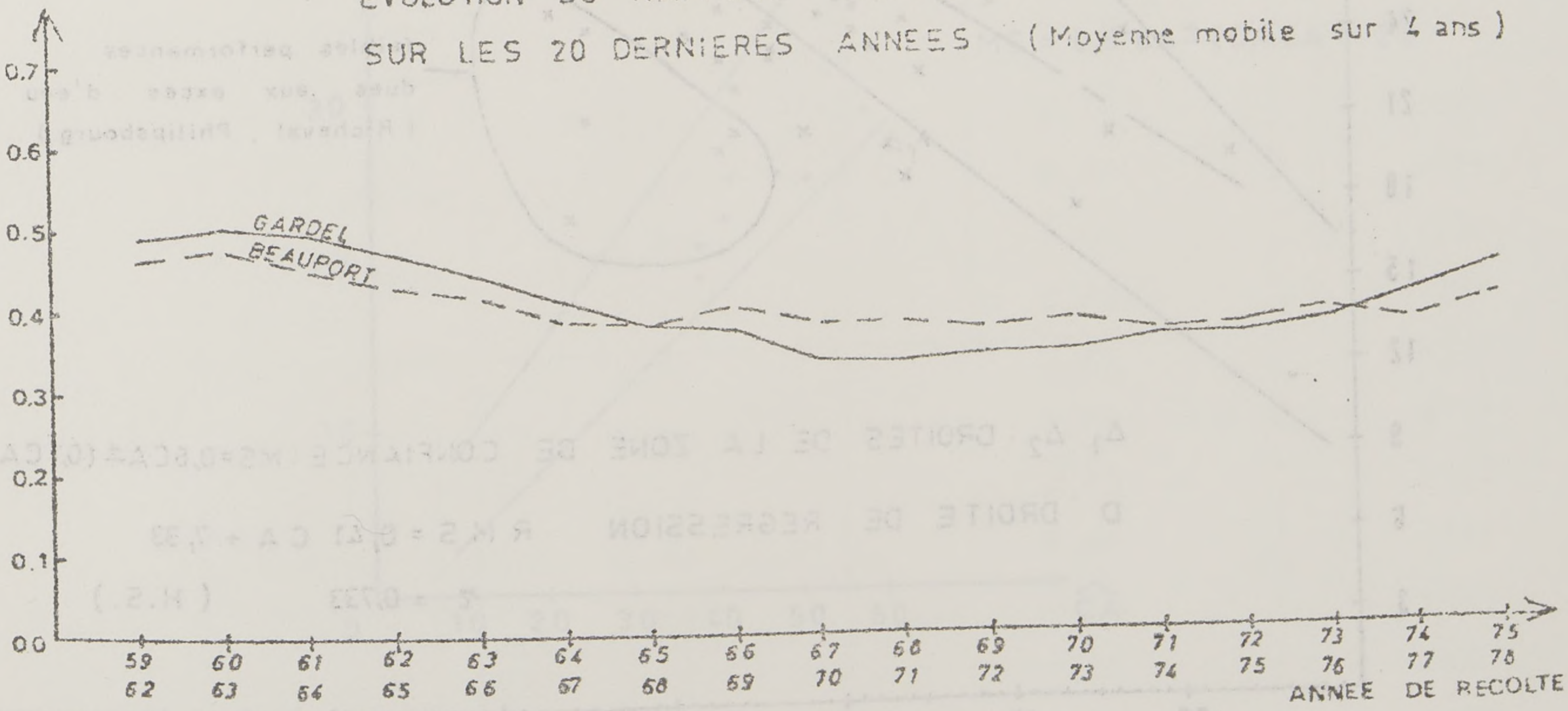


FIGURE N° 9 : ESSAIS C.T.C.S 1962 - 1967.

CANNE A SUCRE VARIETE B 45364
ET INDICE CLIMATIQUE DE POTENTIALITE AGRICOLE

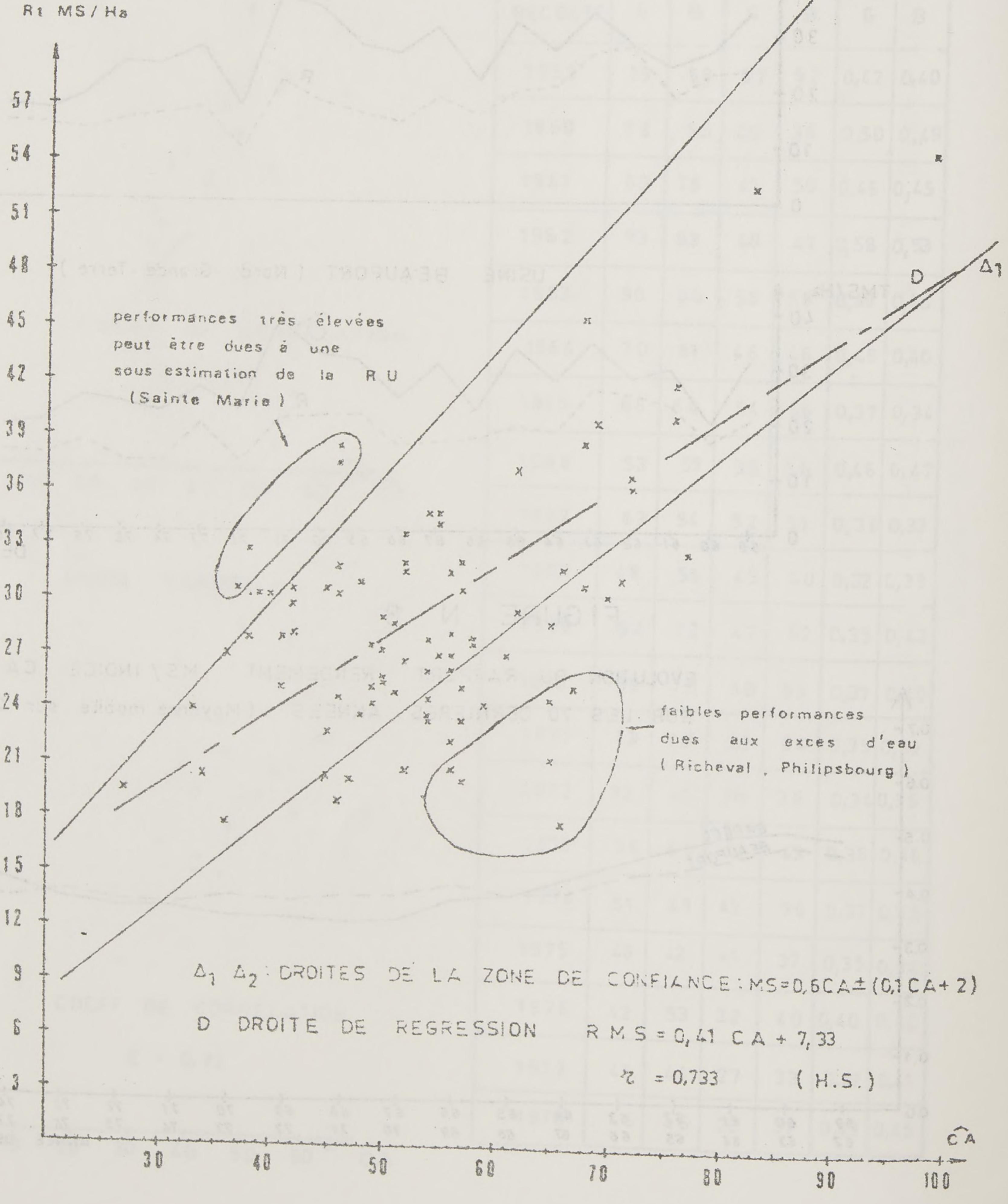
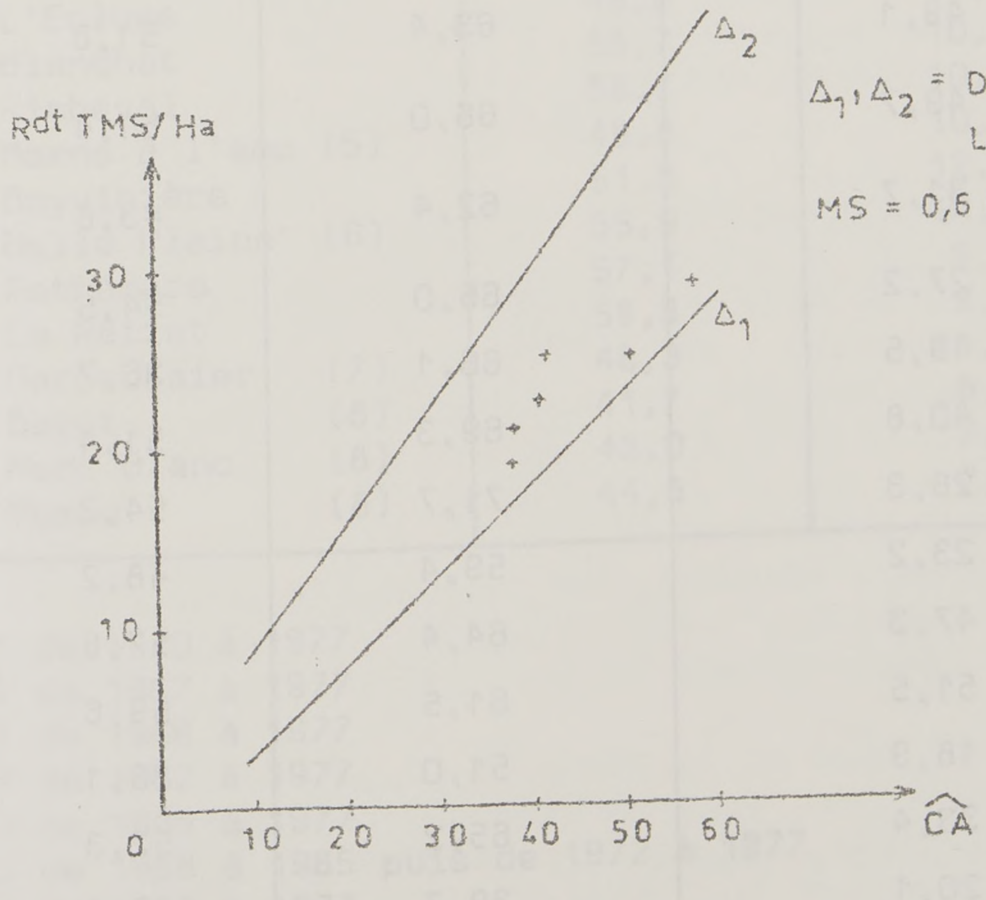


FIGURE N° 10 ESSAI STATION D AGRONOMIE I·N·R·A (Y· DUMAS 1970)

PATURAGE A PANGOLA EN DIVERS MILIEUX DE LA GRANDE-TERRE ET INDICE CLIMATIQUE DE POTENTIALITE AGRICOLE

LIEU	POSITION TOPO	TYPE DE SOL	PROF m	$\widehat{RU}$ mm	CYCLE	MS T/Ha	$\widehat{CA}$	MS/$\widehat{CA}$
S[t] FRANCOIS (May)	Bas	Vertisol	1,00	200	5/07/68 - 17/07/69	21,2	37,8	0,56
	Haut	Vertisol	0,60	120	" "	17,8	37,8	0,47
LE MOULE (Gardel)	Bas	Sol vertique	0 55	110	12/07/68 - 22/07/69	25,0	42,2	0,59
	Haut	Sol vertique	0 40	80	" "	22,5	41,0	0,55
PETIT-CANAL (Maisoncelle)	Bas	Vertisol hydromorphe	0 90	180	17/07/68 - 24/07/69	28,0	58,1	0,48
	Haut	Sol vertique	0 30	60	" "	25,0	51,0	0,49



Δ_1, Δ_2 = DROITES LIMITES DE LA ZONE DE CONFIANCE

$MS = 0,6\ CA \pm (0,1\ CA + 2)$

Tableau 1 - Valeur moyenne de CA selon la Réserve Facilement Utilisable

RU mm	CA	
	Moyenne	écart type
20	40,9	5,7
50	43,5	5,7
100	46,6	6,1
200	51,0	6,6

Tableau 2 - Valeur de CA pour les 20 dernières années avec RFU = 100 mm
(*) : moyenne effectuée sur les 25 postes ayant 20 années d'enregistrement

Année	St François gendarmerie	Le Raizet aéroport	Grande Terre (*)	
			moyenne	écart type
1958	51,2	57,0	53,0	2,6
1959	39,7	57,3	39,5	12,6
1960	41,0	58,0	51,1	10,2
1961	49,1	63,4	51,8	8,3
1962	49,7	66,0	61,4	9,3
1963	31,7	62,4	43,8	11,2
1964	27,2	66,0	54,5	11,0
1965	19,5	66,1	36,7	11,9
1966	40,8	69,3	51,4	8,7
1967	28,3	71,7	54,2	13,0
1968	23,2	59,4	48,2	9,6
1969	47,3	64,4	57,8	5,9
1970	51,5	61,5	59,6	4,1
1971	18,9	51,0	36,1	8,8
1972	33,4	65,2	52,3	8,7
1973	20,1	39,7	36,4	11,1
1974	35,2	59,6	40,4	9,5
1975	19,9	47,3	33,6	8,6
1976	15,4	53,7	37,1	7,8
1977	14,6	37,2	31,7	5,0

Tableau 3 - Valeur moyenne de CA selon les postes pluviométriques RFU = 100 mm
Hormis pour les postes annotés, les moyennes sont calculées sur 20 ans (1958-1977).

Poste	moyenne	écart type
Anse Bertrand	43,3	15,9
Beaufond	42,7	11,4
Bétin	40,2	11,8
Philisbourg	46,8	12,1
Beuthier (1)	44,1	9,7
Port Louis	44,2	10,0
Sylvain (2)	46,2	11,6
Clugny (2)	50,1	11,0
Sainte Amélie	52,4	10,5
Petit Canal	50,8	10,1
Duval	48,5	9,7
Girard	43,4	11,8
Le Moule	46,1	10,7
Sainte Marie	42,9	11,1
Marly	51,0	11,9
Montplaisir	44,6	9,8
Pombiray	41,4	10,5
Labarthe	44,9	12,0
Ferme de May (3)	37,2	10,8
Sainte Marthe	38,9	9,7
Saint François	32,9	12,7
Courcelles (3)	41,6	10,4
Sainte Anne	37,1	13,4
Douville (4)	49,4	11,3
Gentilly	50,1	12,6
L'Ecluse	49,0	11,3
Blanchet	55,7	10,0
Richeval	58,7	10,9
Morne à l'eau (5)	48,8	10,7
Boyvinière	51,3	12,8
Belle Plaine (6)	55,9	10,3
Dothémare	57,1	9,1
Le Raizet	58,8	9,2
Darboussier (7)	48,3	11,7
Barot (8)	41,7	8,2
Port Blanc (8)	43,0	7,3
Bombo (8)	44,8	7,2

(1) de 1970 à 1977
(2) de 1967 à 1977
(3) de 1966 à 1977
(4) de 1962 à 1977
(5) de 1965 à 1977
(6) de 1958 à 1965 puis de 1972 à 1977
(7) de 1968 à 1977
(8) de 1972 à 1977

RESUME

L'objectif de cette étude est de caractériser les divers milieux à partir de l'indice climatique (CA) de potentialité agricole (TURC, 1976) en comparant les valeurs obtenus aux rendements observés en canne à sucre et en fourrages.

Cependant l'indice climatique ne convient pas tout à fait à cet objectif car, s'il donne des indications précieuses sur la part de potentialité liée au climat, il ne rend pas bien compte de la part liée au sol.

L'intérêt de ce type de cartographie est d'exprimer directement la potentialité en rendement possible mais l'obtention du rendement maximal demande que les conditions techniques de production soient optimales, ce qui est loin d'être le cas actuellement dans la culture de la canne à sucre en Grande-Terre.

SUMMARY

USE OF THE TURC'S (1976) CLIMATIC INDEX (CA) IN A STUDY OF THE AGRICULTURAL POTENTIALITIES OF GRANDE-TERRE (GUADELOUPE)

The purpose of this study is to characterize the various environments from the TURC'S climatic index (CA) by comparing the obtained values with the sugarcane and forage yields.

However the climatic index does not suit quite with this aim because, if it gives useful indications on the potentiality part related with climate, it does not give account of the part related with soil.

The interest of this type of mapping is to express directly the potentiality in possible yield but obtaining the highest yield requires that the production technical conditions be optimal, that is far from being the present situation of the sugar-cane growing in Grande-Terre.

RESUMEN

EMPLEO DEL INDICE CLIMATICO (CA) DE TURC (1976) EN UN ESTUDIO DE LAS POTENCIALIDADES AGRICOLAS DE GRANDE-TERRE (GUADALUPE)

El objetivo de este estudio es de caracterizar los varios medios ambientes con la base del indice climático de TURC al comparar los valores obtenidos con los rendimientos observados en caña de azucar y forajes.

Sin embargo el indice climático no conviene totalmente con este objetivo por que, si da indicaciones preciosas sobre la parte de potencialidad relacionada con el clima, no da bien cuenta de la parte relacionada con el suelo.

El interés de este tipo de cartografía es de expresar directamente la potencialidad en rendimiento posible pero la obtención del rendimiento maximo pide que las condiciones técnicas de producción sean optimales, lo que es lejos de ser la situación actual del cultivo de caña de azucar en Grande-Terre.

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 208-227, 1978.

LA SIMULATION DU BILAN HYDRIQUE JOURNALIER POUR L'AVERTISSEMENT A L'IRRIGATION APPLICATION A UNE ETUDE FREQUENTIELLE DES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION ET DES PERTES D'EAU PAR DRAINAGE OU RUISSELLEMENT DANS LA REGION DE SAINT-FRANCOIS

F-A. DAUDET(°) - P. ARCHER(°)

INTRODUCTION

L'optimisation de l'utilisation de l'eau d'irrigation est un impératif qui s'impose de plus en plus au fur et à mesure de l'accroissement des besoins en eau à usage non agricole. Le problème se pose particulièrement en Guadeloupe avec la mise en place prochaine de périmètres irrigués en Grande-Terre (2 000 ha prévus) alors que les ressources en eau sont déjà fortement sollicitées. Cette optimisation implique d'une part certains choix techniques comme par exemple l'aspersion ou l'irrigation localisée qui conduisent à la meilleure distribution de l'eau au niveau de la parcelle, d'autre part, la mise en place d'un système d'avertissement à l'irrigation qui renseigne précisément les agriculteurs sur les doses à apporter à chaque culture en fonction notamment des conditions météorologiques.

Un tel système doit s'appuyer sur des expériences préliminaires destinées à dégager les principales caractéristiques des sols et des cultures. Dans ce domaine l'avertissement effectué à partir des données métérologiques est de beaucoup le plus répandu et le plus pratique. Il suppose au niveau régional, une évaluation, si possible journalière, de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et une connaissance des besoins spécifiques de chaque culture en fonction de leur stade physiologique ; au niveau de l'irrigant, la mesure des précipitations pour les parcelles considérées.

Signalons que ce principe est déjà mis en pratique chez les producteurs de banane de Guadeloupe et Martinique. La plupart des éléments de base sont déjà connus pour mettre en place un système équivalent au bénéfice des agriculteurs de la Grande-Terre lorsque le besoin s'en manifestera. Il reste surtout à compléter nos connaissances des réactions spécifiques des cultures, ce à quoi tendent certaines expérimentations conduites actuellement à Saint-François.

L'étude présentée ici repose sur les principes de l'avertissement à l'irrigation qui pourraient être appliqués en Grande-Terre, qu'il s'agisse de plantes maraîchères ou de grande culture. Les propriétés des sols ou les caractéristiques des plantes interviennent par l'intermédiaire de paramètres - réserve facilement utilisable (RFU), coefficient de satisfaction des besoins en eau (σ) dont quelques ordres de grandeur ont été donnés à titre d'exemple pour effectuer les simulations.

L'application de ces principes à la période des treize dernières années pour laquelle nous disposons d'observations météorologiques journalières complètes à Saint-François, permet de faire une évaluation statistique des besoins en eau d'irrigation des cultures dans cette région. Elle met en outre en

.../...

(°) Station de Bioclimatologie - I.N.R.A. - Antilles-Guyane, Domaine Duclos 97170 PETIT-BOURG (Guadeloupe)

évidence l'insuffisance des méthodes traditionnellement employées pour évaluer ces besoins et donne des informations sur les risques d'excès d'eau et de pertes par drainage ou ruissellement qui les accompagnent.

I - RAPPELS CONCERNANT LES BESOINS EN EAU DES CULTURES

1.1. - L'évapotranspiration potentielle

La consommation d'eau par les cultures est due à la transpiration des plantes d'une part, à l'évaporation du sol d'autre part. La somme de ces deux phénomènes constitue l'évapotranspiration.

Sous un climat donné, l'évapotranspiration réelle des cultures ou ETR ne peut dépasser une valeur maximale appelée évapotranspiration potentielle ou ETP qui dépend principalement de l'énergie d'origine solaire reçue par unité de surface de sol (rayonnement global, Rg), de la vitesse du vent et de la sécheresse de l'air.

On peut mesurer cette ETP sur un gazon abondamment irrigué ou la calculer à l'aide de formules empiriques établies en un lieu donné à partir des données climatologiques.

Pour la Guadeloupe, les mesures faites depuis plus de 10 ans à Saint-François et Duclos ont permis d'aboutir aux formules suivantes (SCHOCH et al. 1975) qu'on peut utiliser à l'échelle de la journée :

. Pour Saint-François (et par extension : Grande-Terre, Marie-Galante)

$$ETP = 0,165\ Rg + 1,5 \qquad (1)$$

. Pour Duclos (et par extension : Côte au vent de la Guadeloupe)

$$ETP = 0,134\ Rg + 1,1 \qquad (1bis)$$

Avec ETP en mm d'eau
Rg, le Rayonnement global en méga joule/m^2

Dans les stations où l'on ne dispose pas de mesures du rayonnement global, mais de la durée d'insolation s mesurée à partir d'un héliographe de Campbell (12 stations de mesure en Guadeloupe), Rg peut être calculé de la façon suivante :

$$Rg = Rg_o (0,47 \frac{S}{S_o} + 0,27) \qquad (2)$$

Rg = Rayonnement Solaire reçu au sommet de l'atmosphère

S_o = Durée maximale du jour

Rg_o et S_o sont données en annexe I pour la latitude de la Guadeloupe.

1.2. - La réserve hydrique du sol

La quantité d'eau présente dans le sol et disponible pour la végétation constitue la réserve hydrique R. Cette réserve est nulle lorsque l'humidité du sol est égale au point de flétrissement permanent. Sa valeur maximale ou réserve utile RU est observée 24 h ou 48 h après une pluie ou une irrigation abondante lorsque le sol s'est ressuyé et qu'il se trouve à la capacité au champ.

Pour un type de sol donné la Réserve Utile RU est proportionnelle à la profondeur explorée par les racines de la culture.

A titre indicatif, la RU correspondant aux principaux types de sol rencontrés en Guadeloupe pour 50 cm de profondeur utile est de l'ordre de :

. Vertisols de Grande-Terre	= 80 à 100 mm
. Sols ferrallitiques, Basse-Terre	= 80 à 100 mm
. Ando sols	= 70 à 90 mm

Lorsque la réserve du sol est au voisinage de la RU, l'alimentation en eau de la culture est optimale et l'évapotranspiration réelle ETR est donnée par :

$$ETR = K_c \; ETP \qquad (3)$$

K_c = coefficient cultural qui dépend de la culture et de son stade de développement

ETP = évapotranspiration potentielle mesurée ou calculée à partir de données météorologiques.

Lorsque la réserve R décroit en dessous d'une valeur limitée R_1, la sécheresse commence à se manifester et l'évapotranspiration se trouve réduite par suite d'une fermeture temporaire ou partielle des stomates. On appelle réserve facilement utilisable, RFU, la gamme supérieure de la RU comprise entre R_1 et RU. On adopte généralement pour RFU des valeurs comprises entre $\frac{RU}{3}$ et $\frac{RU}{2}$.

II - CALCUL DES ELEMENTS DE L'IRRIGATION

L'irrigation consiste à apporter une certaine dose I à des dates déterminées en fonction des conditions météorologiques et de l'état de la culture. Le choix de la dose et de la date d'irrigation est à effectuer par l'irrigant en fonction de critères précis.

2.1. - Choix de la dose d'irrigation

La dose I apportée par chaque irrigation dépend de certaines caractéristiques du sol et de la culture.

Des doses d'irrigation trop faibles ne réhumectent pas une épaisseur de sol suffisante pour atteindre l'ensemble du système racinaire.

Elles conduisent à une plus grande fréquence des apports d'eau donc à des coûts plus élevés en main d'oeuvre et à une perte relativement importante par évaporation à la surface du sol. Des doses trop fortes augmentent les risques de pertes d'eau par ruissellement ou par drainage.

Lorsque par l'irrigation, on cherche à maintenir l'ETR de la culture au voisinage de K_c ETP c'est à dire dans la zone d'alimentation optimale, la réserve hydrique du sol doit rester dans cette portion de la réserve que nous avons appelée la RFU. La dose d'irrigation I qui doit normalement être appliquée est celle qui permet de recharger complètement la réserve lorsqu'elle atteint la valeur limite R_1. Elle est donc égale à la RFU.

Dans le cas d'une irrigation rationnée comme l'on peut en pratiquer en phase de maturation de certaines cultures (canne à sucre, culture fruitière, par exemple), la réserve doit être maintenue en dessous de la valeur R_1. Là encore des doses voisines de RFU sont un bon ordre de grandeur à respecter, l'effet de rationnement sera obtenu par un allongement plus ou moins important de l'intervalle de temps séparant deux irrigations.

2.2. - Choix des dates d'irrigation

Pour connaître la date de l'apport d'eau d'irrigation, à partir des observations climatologiques, il faut effectuer quotidiennement un calcul qui permette d'apprécier approximativement la variation du déficit hydrique présent dans le sol.

Partant d'une date origine pour laquelle la réserve du sol est égale à RU, donc le déficit nul (cette date peut être le surlendemain d'une irrigation ou d'une pluie suffisamment abondante pour recharger la réserve), on calcule de jour en jour l'évolution d'un indice D_j calculé de la façon suivante :

$$D_j = D_{j-1} + \sigma K_c \, ETP - P_j - I_j \qquad (4)$$

avec

D_{j-1} = valeur de l'indice D_j pour le jour précédent (j-1)

P_j = Pluie du jour j

I_j = Irrigation du jour j

σ = Coefficient cultural (généralement $k_c \simeq 1$ lorsque la culture couvre entièrement le sol)

ETP_j = Evapotranspiration potentielle du jour j.

La décision d'irriguer, c'est à dire d'apporter une dose I = RFU le jour j + 1 est prise lorsque ce déficit D_j atteint ou dépasse la valeur I.

Si par suite d'une pluie importante le calcul conduit à une valeur négative de D_j, on admet que la réserve est saturée et l'on donne arbitrairement à l'indice D_j la valeur zéro.

Un exemple de ce calcul est donné à titre d'illustration et pour proposer une disposition commode des calculs, en annexe II pour la période du 1 au 31 janvier 1977 à Saint-François. Dans cet exemple, la dose I = RFU est de 20 mm et trois valeurs différentes du coefficient de satisfaction ont été essayées.

N.B.

Le terme D_j tel qu'il est calculé dans l'équation 4 ne donne pas le déficit hydrique réellement présent dans le sol mais on peut montrer que si l'on apporte une dose d'irrigation I chaque fois que D_j devient supérieur ou égal à I, cela revient à imposer à la culture une évapotranspiration réelle moyenne égale à σK_c ETP, donc à la rationner selon l'intensité voulue. Il faut toutefois pour cela que les pluies ne conduisent pas à une trop fréquente recharge de la réserve.

III - CONSEQUENCES SUR LE BILAN HYDRIQUE DES CULTURES

Le calcul qui précède n'a pour objet que de décider des dates d'irrigation et comme nous l'avons souligné en N.B., le terme D_j ne représente pas le déficit réel de la réserve en eau du sol. Nous allons dans ce qui suit proposer une méthode pour évaluer les termes du bilan hydrique réel de la culture.

3.1. - L'Evolution de la réserve du sol

Chaque jour, la réserve hydrique du sol varie sous l'effet des apports (irrigation, pluie) et des départs d'eau (drainage, évapotranspiration). L'évolution de la réserve de jour en jour peut être calculée de la façon suivante :

$$R_j = R_{j-1} + I_j + P_j - ETR_j - S_j \qquad (5)$$

R_j = Etat de la réserve à la fin du jour j

I_j, P_j, ETR_j = Irrigation, pluie, évapotranspiration du jour j

S_j = Perte d'eau par drainage ou ruissellement pour le jour J.

Parmi tous les termes qui figurent dans le second membre de cette équation les uns sont connus :

R_{j-1} résulte du calcul fait pour le jour précédent

I_j = vaut zéro ou I selon que l'on irrigue ou que l'on n'irrigue pas

P_j = la pluie du jour j est mesurée

Par contre, les deux termes ETR_j et S_j ne sont pas calculables si l'on ne fait pas des hypothèses simplificatrices à leur sujet. Nous allons les étudier plus en détail.

3.2. - L'Evapotranspiration réelle ETR.

L'évapotranspiration réelle d'une culture est sous la dépendance de facteurs du climat, du sol et de la culture. De nombreuses mesures de transpiration effectuées en conditions climatiques contrôlées (HALLAIRE 1960, DENMEAD et SHAW 1962) indiquent que la relation entre transpiration et réserve hydrique du sol obéit schématiquement à une loi du type de celle représentée fig. 1. Il est donc possible d'écrire l'ETR sous la forme :

$$ETR = \sigma . K_c . ETP_j$$

avec K_c = coefficient cultural

ETP = évapotranspiration potentielle sous la dépendance exclusive du climat.

σ = coefficient de satisfaction des besoins en eau, dépendant de l'état de la réserve du sol :

$\sigma = 1$ si $R_1 \leq R \leq$

$\sigma = R/R_1$ si $0 \leq R \leq R_1$

3.3. - Les pertes d'eau par drainage ou par ruissellement S_j

Le ruissellement, comme le drainage sont des phénomènes très difficilement mesurables. Dans la présente étude, nous considérons que l'un ou l'autre interviennent, c'est à dire que de l'eau est perdue soit par percolation en profondeur en dessous de la zone prospectée par les racines, soit par ruissellement superficiel, lorsque des pluies importantes ou consécutives à une irrigation apportent davantage d'eau qu'il n'en faudrait pour ramener la réserve du sol à sa valeur maximale RU.

3.3. - Les pertes d'eau par drainage ou par ruissellement S_j

Le ruissellement, comme le drainage sont des phénomènes très difficilement mesurables. Dans la présente étude, nous considérons que l'un ou l'autre interviennent, c'est à dire que de l'eau est perdue soit par percolation en profondeur en dessous de la zone prospectée par les racines, soit par ruissellement superficiel, lorsque des pluies importantes ou consécutives à une irrigation apportent davantage d'eau qu'il n'en faudrait pour ramener la réserve du sol à sa valeur maximale RU.

Nous savons qu'en réalité lorsque de telles pluies se produisent il y a effectivement drainage et/ou ruissellement. La part des eaux drainées et ruisselées dépend de nombreux facteurs comme l'intensité des pluies, la pente du terrain, la structure du sol en surface. Dans certaines conditions défavorables (pente importante et terrain peu perméable), le ruissellement peut se produire avant que la réserve hydrique du sol ne soit saturée de sorte que les pertes ainsi occasionnées seront très supérieures à notre estimation.

En d'autres termes, le calcul que nous présentons correspond au cas des pertes minimales : terrain approximativement horizontal et perméabilité du sol moyenne. Dans des situations moins favorables, il conviendrait de tenir compte dans le calcul des bilans hydriques d'un certain coefficient d'amplification de ces pertes.

3.4. - Exemple de calcul des éléments du bilan hydrique sur une période limitée

Les figures 2a et b indiquent graphiquement l'évolution de la réserve hydrique du sol R et de l'indice D_j qui sert à décider des dates d'irrigation dans l'hypothèse d'une réserve facilement utilisable égale à 20 mm et pour deux valeurs du facteur de réduction de l'évapotranspiration (K_r = 1 et K_r = 0,5)°. La période envisagée, du 1.05.73 au 31.09.73 a été choisie de façon à bien mettre en évidence les phénomènes discutés. Les évènements importants du bilan hydrique sont expliqués dans la légende.

IV - ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS POUR LA PERIODE 1966-1978 DANS LA REGION DE SAINT-FRANÇOIS

Les données météorologiques nécessaires au calcul approximatif du Bilan hydrique, que ce soit avec ou sans irrigation, sont donc pour la Guadeloupe essentiellement la pluie et la durée d'insolation journalières (à défaut du rayonnement global). Les observations effectuées depuis 1966 par l'INRA à la Ferme de May de St François permettent de disposer de 13 années complètes pour lesquelles nous avons effectué ce calcul afin d'en tirer des informations d'ordre statistique sur les quantités d'eau nécessaires à apporter par l'irrigation et sur les pertes d'eau par drainage ou ruissellement. Un calcul analogue pourrait sans difficulté être fait pour les 12 stations de la Guadeloupe et de ses dépendances où la Météorologie Nationale effectue des mesures de durée d'insolation.

La méthode utilisée ici qui s'appuie sur une simulation du bilan hydrique journalier diffère essentiellement de l'évaluation habituelle des besoins en eau des cultures à partir des moyennes mensuelles de pluviométrie ou d'ETP, par le fait qu'elle considère que dans certaines circonstances, l'efficacité des pluies est limitée : Les pluies qui surviennent lorsque la réserve du sol est saturée ou qui entrainent cette saturation sont totalement ou partiellement perdues. La date à laquelle se produit une pluie prend alors une grande importance.

(°) Ce facteur de réduction k_r est égal par définition au rapport ETR/ETP. Il peut s'exprimer également par le produit k_c (cf. & 4.2).

A N N E E	D E F I C I T M E N S U E L = E T P - P (mm)												TOTAL ANNUEL (mm)		
	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	S	O	N	D	Déficit	Besoins en eau d'irrigation	Pertes d'eau
1966	62	30	103	96	49	113	-344	52	-180	- 11	- 194	63	- 161	568	729
1967	70	113	50	49	55	128	43	28	61	- 41	81	56	693	734	41
1968	41	103	131	57	87	- 30	84	89	61	87	20	- 15	715	760	45
1969	65	103	134	124	-103	77	- 8	31	- 15	91	- 97	7	409	632	223
1970	63	110	137	109	- 64	- 37	-102	1	- 2	-253	- 6	-208	- 252	420	672
1971	25	81	134	128	60	117	124	94	111	48	64	56	1042	1042	0
1972	22	74	47	77	72	130	67	-18	2	- 75	- 79	42	357	531	174
1973	89	78	102	98	125	- 19	118	6	- 30	82	82	58	789	838	49
1974	45	84	89	31	- 7	120	126	31	- 65	- 37	- 23	38	432	564	132
1975	38	86	130	148	128	110	139	85	29	0	- 54	- 51	788	893	105
1976	26	61	130	111	97	69	99	85	52	-121	17	- 20	606	747	141
1977	111	109	124	86	129	139	145	-125	- 26	- 80	- 160	75	527	918	391
1978	55	115	90	17	- 14	93	60	61	11	- 82	77	91	574	670	96
moyenne	55	88	108	87	47	78	42	32	0	- 30	- 21	15	501		
moyenne des besoins d'irrigation	55	88	108	87	62	84	77	43	25	24	26	37		716	
moyenne des pertes d'eau	0	0	0	0	15	6	35	11	25	54	47	22			215

L'existence de ces pertes d'eau explique l'augmentation importante observée dans l'évaluation des besoins en eau des cultures lorsque l'on considère des bilans hydriques portant sur des périodes de plus en plus courtes.

4.1. - Les éléments du bilan hydrique à l'échelle mensuelle et leur utilisation dans la détermination des besoins en eau d'irrigation

Les valeurs moyennes mensuelles de la pluviométrie P. de l'évapotranspiration potentielle ETP et de la différence ETP - P sont données dans le tableau I pour la station de St-François (période 1966 - 1978).

M O I S	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL ANNUEL
Pluie P (mm)	66	39	44	66	104	69	112	121	140	164	143	102	1 170
E T P (mm)	121	127	152	153	151	147	154	153	140	134	122	117	1 671
E T P - P(mm)	55	88	108	87	47	78	42	32	0	-30	-21	15	501

Ce tableau fait apparaître un déficit climatique moyen annuel en eau de 501 mm. Sur cette base, une irrigation qui serait conduite de façon à combler mensuellement le déficit moyen ETP - P devrait apporter en moyenne 552 mm, valeur obtenue en additionnant tous les déficits mensuels positifs (les mois d'octobre et novembre pour lesquels la pluviométrie est supérieure à ETP sont supposés sans irrigation). Dans ce calcul, les seules pertes de pluie par ruissellement ou drainage seraient limitées aux 51 mm excédentaires d'octobre et novembre.

L'analyse année par année des déficits mensuels observés (tableau 2) conduit cependant à une première révision à la hausse des quantités d'eau nécessaires mensuellement pour combler le déficit. Les besoins en eau d'irrigation sont alors égaux à la valeur du déficit ETP - P lorsqu'il est positif ; ils sont nuls en cas de déficit négatif. Ainsi, pour une irrigation qui chaque mois comblerait la différence ETP - P réellement observée, l'apport moyen annuel d'eau devrait être de 716 mm au lieu de 501 mm ce qui représente une augmentation de 43 %.

Comme nous l'avons indiqué, l'écart entre les deux valeurs provient de l'inefficacité d'une grande part des précipitations lorsque celles-ci sont trop abondantes.

On constate effectivement que ces écarts dûs aux pertes d'eau portent exclusivement sur la période de mai à décembre pour laquelle les pluies sont le plus sujettes à variations d'une année à l'autre. La moyenne des quantités d'eau perdues (215 mm) est d'autre part très supérieure aux 51 mm de la première estimation.

Cette nouvelle évaluation des pertes d'eau et des besoins d'irrigation est incontestablement plus proche de la réalité que celle provenant des moyennes mensuelles dans laquelle l'efficacité des pluies est très largement surestimée. Nous allons voir que l'examen du bilan hydrique journalier et la prise en considération d'une limite à la réserve hydrique du sol imposent un nouvel accroissement de l'estimation des besoins en eau d'irrigation et des quantités d'eau perdues.

4.2. - Besoins en eau d'irrigation et pertes d'eau déterminées par la Simulation du bilan hydrique journalier

Le principe du calcul a été vu au paragraphe 2.2. Il résulte de l'équation 4 que l'irrigation est alors fonction, outre du climat (ETP_j et P_j), de la capacité de stockage de l'eau par le sol dans la zone racinaire RFU (l'irrigation est déclenchée quand le "déficit" D_j atteint la valeur RFU), et de paramètres qui dépendent de la culture (K_c et σ).

Nous avons successivement considéré pour RFU les valeurs 20 mm, 40 mm, 60 mm, 80 mm et 100 mm et la capacité totale de stockage du sol, RU, a été fixée dans tous les cas à RU = 3 RFU.

La nature et le stade végétatif de la culture interviennent par le coefficient cultural k_c et par le coefficient de satisfaction des besoins en eau σ. Ces deux coefficients ayant un effet multiplicatif, on est conduit à ne considérer que le facteur de réduction de l'évapotranspiration par rapport à ETP :

$$k_r = \frac{ETR}{ETP} = \sigma \; K_c$$

Nous avons utilisé dans les calculs de besoins en eau d'irrigation les valeurs de k_r suivantes : 0,25 ; 0,50 ; 0,75 et 1,00.

La valeur k_r = 0 (absence d'irrigation) qui correspond d'autre part aux pertes minimales d'eau, permettra d'évaluer par comparaison le supplément de pertes dû à l'irrigation dans les différentes hypothèses retenues.

4.2.1. - Besoins maximums mensuels en eau d'irrigation

Les besoins maximums correspondent à Kr = 1. Les résultats obtenus dans ce cas (moyenne 1966 - 1978) et pour différentes valeurs de la RFU sont présentés dans le tableau 3.

L'examen des quantités d'eau d'irrigation à apporter mois par mois et année par année nous a conduits à considérer que pour chaque mois leur distribution était approximativement normale de sorte que les résultats sont correctement résumés à l'aide de la valeur moyenne Im et de l'écart type s de la distribution. D'autre part cet écart type s'est révélé être surtout fonction de la RFU (première colonne du tableau 3).

Les doses annuelles d'irrigation apparaissent dans la dernière colonne avec un écart type s évidemment plus important.

Rappelons que la dose moyenne Im qui apparait dans le tableau 3 représente la quantité d'eau à apporter au moins une année sur deux (hypothèse de normalité de la distribution). La dose à apporter au plus une année sur cinq est donnée par : I_5 = Im + 1,4 s. Celle à apporter au plus une année sur dix par : I_{10} = Im + 1,8 s.

	DOSES MOYENNES MENSUELLES													DOSE ANNUELLE	
R F U	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	écart type s	moyenne	écart type s
20 mm	72	90	115	109	98	100	96	84	70	58	50	60	25	1 007	93
40 mm	67	95	101	107	89	98	83	83	55	46	33	52	31	914	116
60 mm	55	92	106	106	73	83	87	64	60	41	32	36	39	840	145
80 mm	61	86	110	86	92	86	86	55	43	30	18	43	48	800	167
100 mm	46	100	100	100	76	76	92	61	46	7	23	30	48	762	180

(s(mm) Besoins moyens en irrigation pour compenser en permanence le déficit climatique (k_r = 1).

Ainsi, la dose à apporter pour le mois de mars avec une RFU = 40 mm est au plus égale :

une année sur deux à I_m = 101 mm
une année sur cinq à I_5 = 101 + 1,4 x 31 = 144
une année sur dix à I_{10} = 101 + 1,8 x 31 = 157

On trouve de même pour la dose annuelle et pour 40 mm :

une année sur deux I_m = 914 mm
une année sur cinq I_5 = 914 + 1,4 x 116 = 1076
une année sur dix I_{10} = 914 + 1,8 x 116 = 1123

La comparaison des tableaux 3 et 2 (avant dernière ligne, moyenne mensuelle des besoins en irrigation) montre que le fait d'examiner le bilan hydrique à l'échelle journalière introduit une nouvelle augmentation dans l'évaluation des besoins en eau. Celle-ci est d'autant plus importante que la RFU du sol est plus faible, mais on remarquera que de nouveau les différences les plus marquées portent sur la saison pluvieuse. Les valeurs trouvées pour la période de janvier à mai (saison sèche) sont au contraire peu influencées par la RFU. Ces remarques confirment le fait déjà souligné que c'est l'existence de pluies relativement abondantes et leur répartition dans le temps qui expliquent les différences entre les deux types de calcul.

Les valeurs moyennes annuelles, bien que peu représentatives dans la mesure où aucune culture ne nécessiterait un maintien permanent à l'ETP, varient de 1007 mm pour RFU = 20 mm à 762 mm pour RFU = 100 mm et sont toujours supérieures aux 716 mm du calcul précédent.

4.2.2. - Besoins mensuels en eau d'irrigation, en condition de rationnement.

Le fait de ne satisfaire qu'une fraction K_r de l'ETP pendant certaines périodes, conduit évidemment à réduire les quantités d'eau à apporter par l'irrigation.

Les figures 3a, b, c, d indiquent les quantités moyennes à apporter mensuellement pour différentes valeurs de k_r et de RFU.

On constate que le rationnement de la culture dans une proportion k_r conduit à économiser l'eau dans une proportion beaucoup plus forte. Cela provient d'une meilleure utilisation de l'eau apportée par les pluies lorsque les irrigations sont moins abondantes. Ce point sera maintenant détaillé à propos de l'évaluation des pertes d'eau par drainage ou par ruissellement.

4.2.3. - Evaluation des pertes d'eau par drainage ou ruissellement

Rappelons que sont considérés comme perdus tous les apports d'eau par la pluie qui conduisent à des valeurs de la réserve hydrique du sol supérieures à RU. Le phénomène existe dans les conditions naturelles (c'est-à-dire en l'absence d'irrigation) ; il intéresse alors principalement la saison des pluies. Son importance est nécessairement accrue dans le cas où l'on irrigue puisque, la réserve hydrique du sol étant maintenue à un niveau supérieur, la probabilité de voir une pluie combler et saturer cette réserve est très fortement augmentée.

Les quantités d'eau perdues sont par ailleurs fort importantes. Elles varient avec la RFU, le coefficient de rationnement imposé k_r et la période de l'année considérée.

La figure 4 a, b, c, d, présente graphiquement les pertes moyennes mensuelles en eau pour différentes valeurs de RFU et du coefficient de rationnement. Comme prévu, ces pertes sont en règle générale relativement faibles de décembre à mai. Elles sont importantes en saison de pluies et ceci d'autant plus que l'irrigation tend à satisfaire au mieux ETP. Remarquons que l'augmentation des pertes lorsque k_r passe de 0,75 à 1 est considérable. Une grande partie de l'eau qu'il faudrait fournir pour maintenir constamment la culture à ETP pendant la saison des pluies serait donc perdue, cela devra conduire dans cette période, à retenir un coefficient de rationnement nettement inférieur à 1 y compris pour des cultures très exigentes en eau.

La figure 5 a, représente la moyenne annuelle des pertes d'eau dans les différentes hypothèses étudiées.

L'augmentation de la RFU conduit à une diminution de ces pertes. On retrouve à cette échelle de temps l'augmentation importante des quantités d'eau perdues quand k_r passe de 0,75 à 1 ce qui souligne la nécessaire prudence avec laquelle il faut irriguer si l'on tient à ne pas gaspiller l'eau.

Le supplément de pertes d'eau dû à l'irrigation est obtenu en retranchant des pertes calculées avec irrigation celles que l'on aurait de toutes façon obtenues sans irrigation. Le résultat de ce calcul apparaît fig. 5b. Cette figure montre clairement encore les pertes occasionnées par les valeurs de k_r élevées. On remarquera toutefois que la valeur de RFU joue ici un rôle très secondaire.

CONCLUSION

La simulation du bilan hydrique journalier à partir d'hypothèses simples, voire simplistes, et en utilisant une série complète de treize années d'observations météorologiques quotidiennes, a permis de mettre en évidence plusieurs phénomènes importants et généralement ignorés dans une approche plus globale du bilan hydrique.

Ainsi par exemple, les besoins en eau d'irrigation qui permettraient de maintenir en permanence la culture à ETP sont nettement supérieurs à ce que la simple comparaison des moyennes mensuelles de pluviométrie et d'évapotranspiration potentielle laisserait supposer. Par ailleurs, la répartition et l'intensité des pluies en saison pluvieuse conduisent à un risque important de pertes d'eau par ruissellement ou drainage. Il y aura donc lieu, lors des quelques périodes déficitaires qui peuvent néanmoins survenir en saison des pluies de n'irriguer qu'à très faible dose sous peine d'accentuer encore les pertes caractéristiques de cette saison.

Les informations ainsi acquises peuvent dès maintenant servir à calculer les principales caractéristiques techniques des réseaux d'irrigation, et indiquent sur quelles bases établir le principe de l'avertissement à l'irrigation dans la région.

Les recherches à venir devront porter principalement :

d'une part sur la caractérisation hydrodynamique des sols :

- meilleure évaluation de la RFU pour un enracinement donné
- étude des pertes par ruissellement en fonction de l'intensité des pluies et de la pente sur terrain.

d'autre part sur la détermination des exigences particulières des cultures (k_c).

ANNEXE I

Eléments pour le calcul du rayonnement global à partir de la durée d'insolation pour la latitude de la Guadeloupe (16°N).

$$R_g = R_g \;(0{,}47\; \frac{S}{S_o} + 0{,}27$$

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Rg_o	29,8	32,9	36,3	38,5	39,3	39,2	39,1	38,6	36,9	34,0	30,6	28,7
S_o	11,2	11,5	11,9	12,4	12,7	12,9	12,8	12,5	12,7	11,7	11,3	11,1

Avec : - R_{go} en Méga Joules par m^2 par jour
- S_o en heures.

ANNEXE 2

Calcul journalier du coefficient D_j pour déterminer la date des irrigations.

- D_j est donné par l'équation (4) :

$$D = D + K \; E\,T\,P_j - P_j - I_j$$

- L'irrigation I vaut zéro lorsque D_{j-1} est inférieur à RFU
  I vaut RFU lorsque D_{j-1} est supérieur ou égal à RFU.

Le tableau ci-dessous indique une présentation de ce calcul et les résultats obtenus pour la période du 1.01.77 au 31.01.77 à Saint-François avec RFU = 20 mm et deux valeurs de rationnement : $k_r = 1$ $K_r = 0{,}75$.

La valeur initiale de D_j pour le 31.12.76 a été supposée nulle dans les deux exemples traités.

DATE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	E.T.P.$_j$	4,3	4,4	3,6	4,4	4,6	3,3	4,8	3,5	3,8	4,8
	P_j	2,1	0,3	5,3	0	0,2	1,7	0,3	0,1	1,5	0
$K_r = 1$	Dj	2,2	6,3	4,6	9,0	13,4	15,0	19,5	22,9	5,2	10,0
	Ij	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$K_r = 0{,}75$	Dj	1,1	4,1	1,5	4,8	8,1	8,9	12,2	14,7	16,1	19,7
	Ij	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

DATE		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	E.T.P.$_j$	2,9	4,6	4,8	4,6	4,8	4,8	4,7	4,7	4,6	4,8
	P_j	9,9	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0
$K_r = 1$	D_j	3,0	7,0	11,8	16,4	21,2	6,0	10,7	15,4	20,0	4,8
	I_j	0	0	0	0	0	20	0	0	0	20
$K_r = 0{,}75$	D_j	11,9	14,8	18,3	21,8	5,4	9,0	12,6	16,1	19,6	23,2
	I_j	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0

DATE		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	E.T.P.	4,4	4,9	5,0	4,7	4,4	4,1	3,7	4,6	4,8	4,5
	P	0	0	0,3	0	0,3	1,7	3,2	0	3,5	4,8
$K_r = 1$	D	9,2	14,1	18,8	23,5	7,6	10,0	10,5	15,1	16,4	16,1
	I	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
$K_r = 0{,}75$	D	6,5	10,2	13,6	17,2	20,2	1,6	1,1	4,6	4,7	3,3
	I	20	0	0	0	0	20	0	0	0	0

Les résultats indiquent que pour $K_r = 1$, quatre irrigations sont nécessaires, à savoir les 9, 16, 20 et 25 janvier. Pour $k_r = 0{,}75$, trois irrigations sont nécessaires les 15, 21 et 26 janvier.

LEGENDES DES FIGURES

Fig. 1 - Variation schématique du rapport ETR/ETP en fonction de l'état de la réserve hydrique du sol.

Fig. 2 - Résultat du calcul de simulation du bilan hydrique avec irrigation pour la période du 1.05.73 au 31.08.73.

A) facteur de réduction de l'ETR par rapport à ETP, K_r = 1 (irrigation à ETP)
B) facteur de réduction K_r = 0,5

Chaque irrigation, notée I sur le graphique apporte une dose de 20 mm égale à la RFU.

P = périodes au cours desquelles certaines pertes d'eau par ruissellement ou drainage sont observées.

Fig. 3 - Quantité mensuelle d'eau d'irrigation qu'il faut apporter en moyenne pour différentes valeurs de la RFU et du coefficient de réduction K_r

Fig. 4 - Quantités d'eau perdues mensuellement en moyenne pour différentes valeurs du coefficient de réduction K_r

Fig. 5 - Quantités d'eau perdues annuellement en moyenne, en fonction de la RFU et du coefficient de réduction K_r

A) Quantité totale perdue
B) Supplément de perte dû à l'irrigation

-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-

TITTLES OF THE GRAPHS

1 - Graphic variation of the ratio ETR/ETP in relation with the soil water reserve.

2 - Result of the simulation calculation of the water balance with irrigation for the periode from May 1st, 1973 to August 31 st, 1973.

A) ETR Reduction factor in relation with ETP, K_r = 1 (irrigation = ETP)
B) ETR reduction factor K_r = 0.5

Each irrigation, recorded by I on the graph brings 20 mm of water, quantity egual to RFU.

P = Periods during which some water losses by streanning o by draining are observed

3 - Monthly average quantity of irrigation water which has to be brought for various values of RFU and of the reduction factor K_r

4 - Average of monthly water losses for various values of K_r

5 - Average of yearly water losses in relation with RFU and K_r

A) Total lost quantity
B) Supplementary loss caused by irrigation

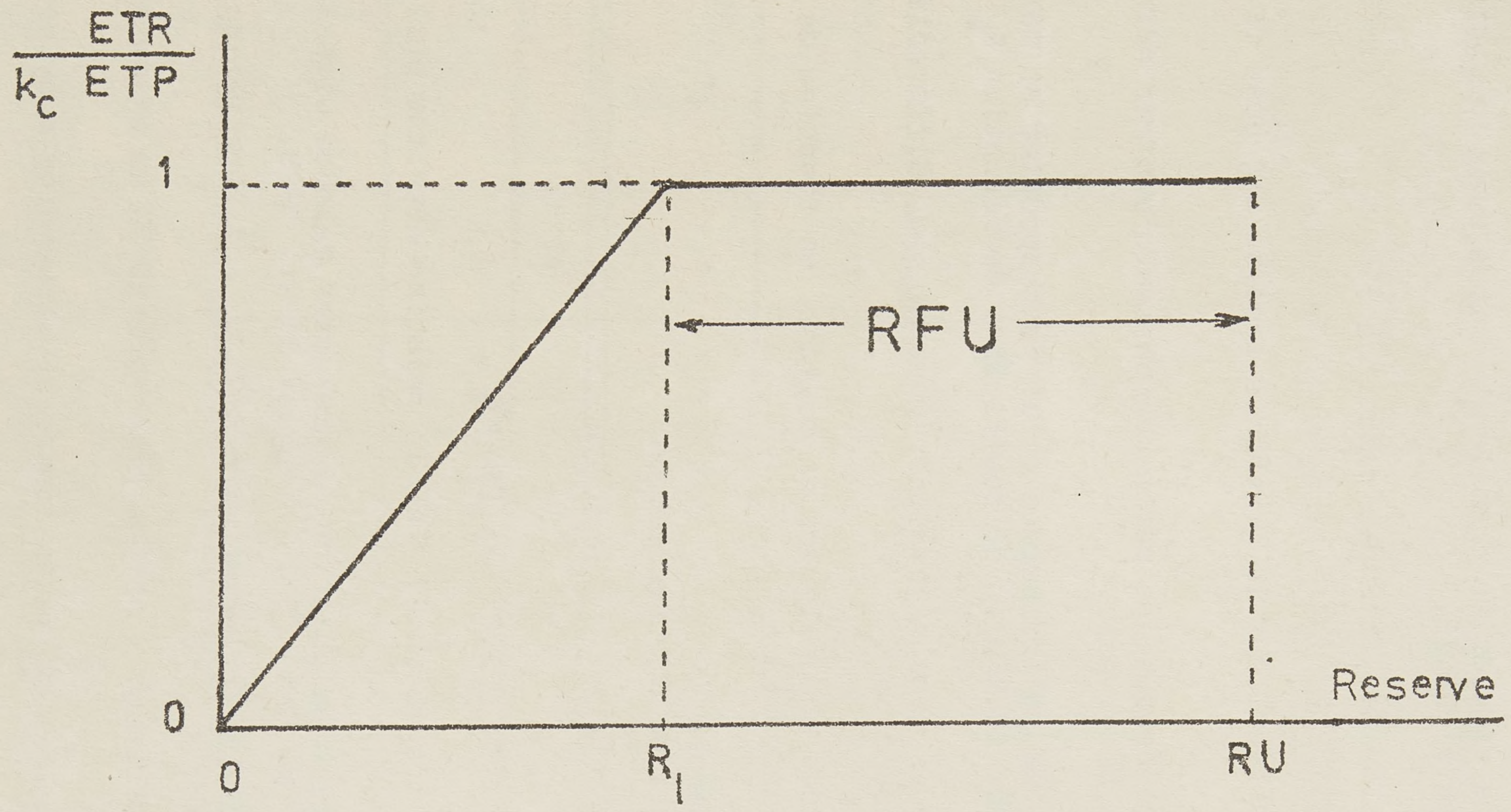
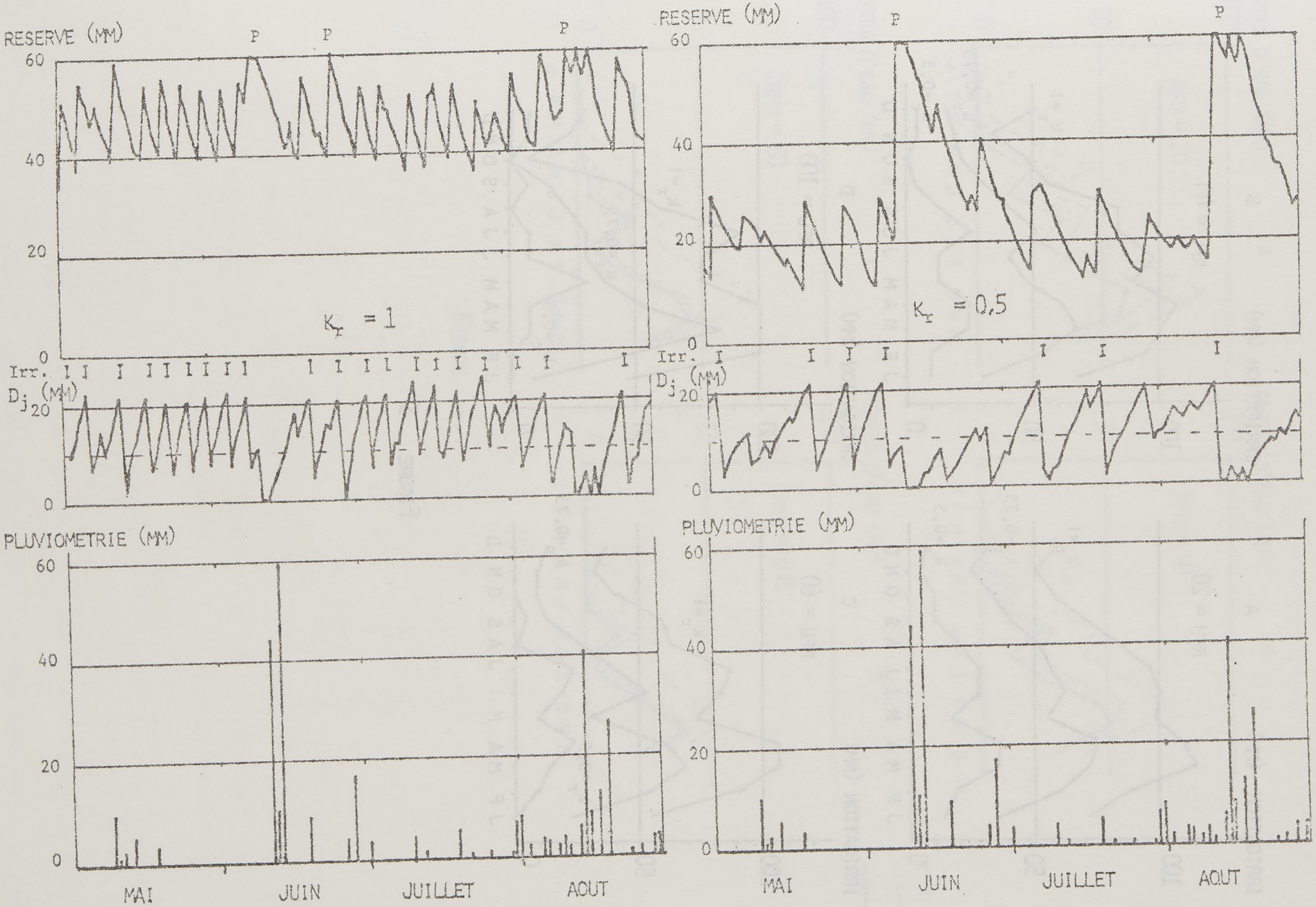


FIGURE 1

ETP = Potential evapotranspiration
ETR = Actuel evapotranspiration
RFU = Easily utilizable reservoir


RESERVE (MM)
P
K_r = 1
K_r = 0,5
Irr.
D_j (MM)
PLUVIOMETRIE (MM)
60
40
20
0
MAI
JUIN
JUILLET
AOUT

A B

FIGURE 2

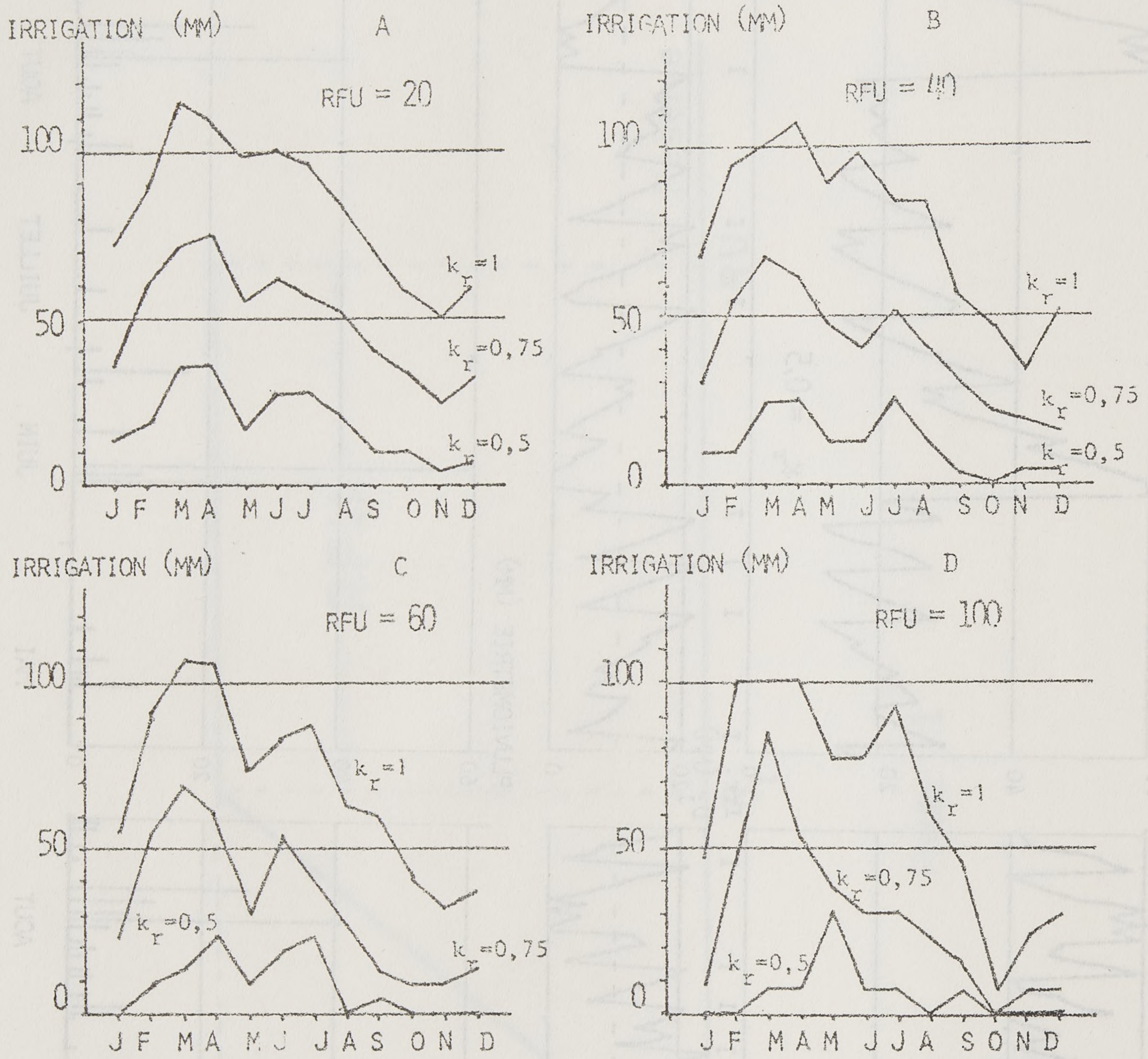

IRRIGATION (MM)
A
RFU = 20
100
50
0
k_r=1
k_r=0,75
k_r=0,5
J F M A M J J A S O N D
IRRIGATION (MM)
B
RFU = 40
100
50
0
k_r=1
k_r=0,75
k_r=0,5
J F M A M J J A S O N D
IRRIGATION (MM)
C
RFU = 60
100
50
0
k_r=1
k_r=0,5
k_r=0,75
J F M A M J J A S O N D
IRRIGATION (MM)
D
RFU = 100
100
50
0
k_r=1
k_r=0,75
k_r=0,5
J F M A M J J A S O N D

FIGURE 3

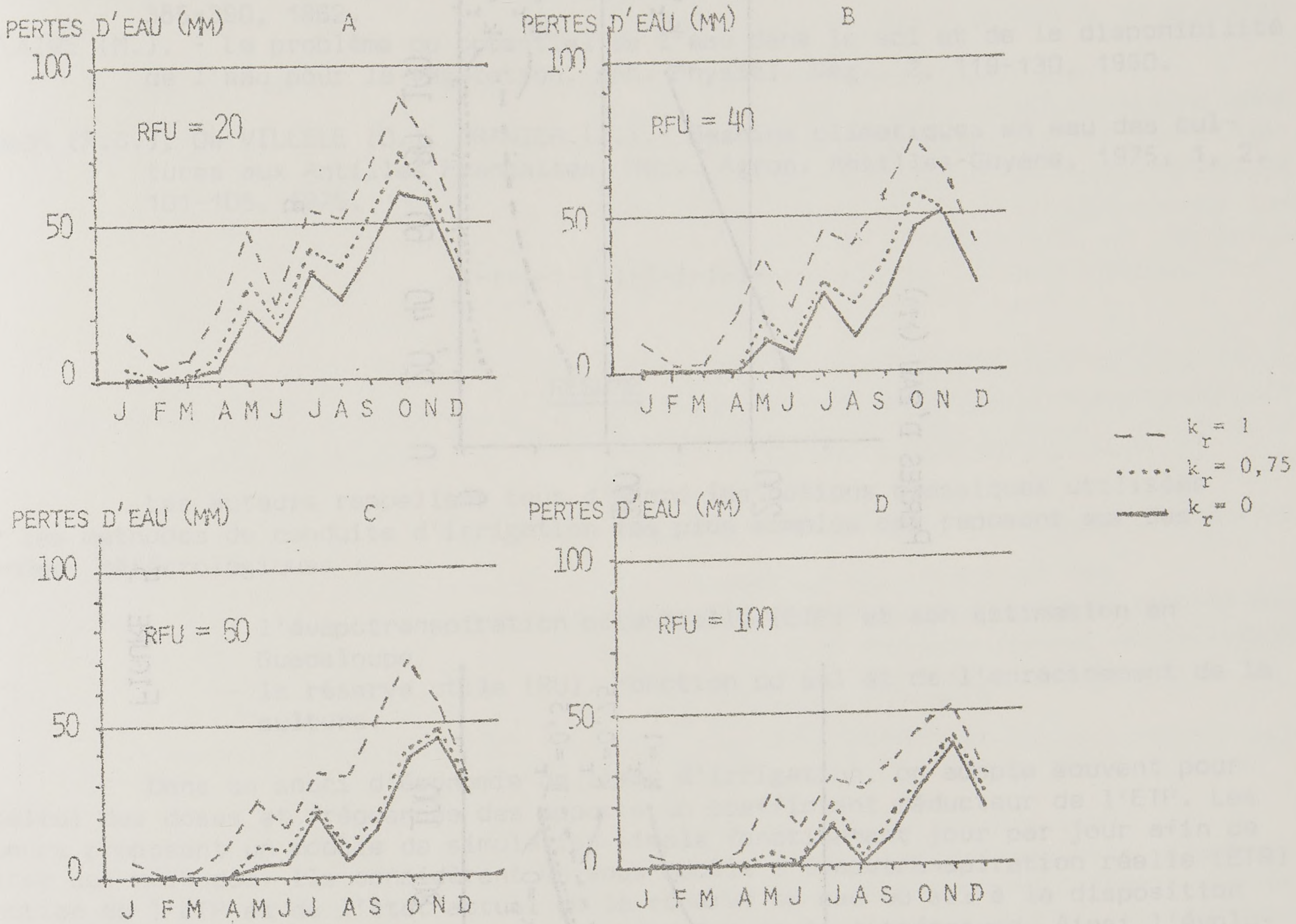
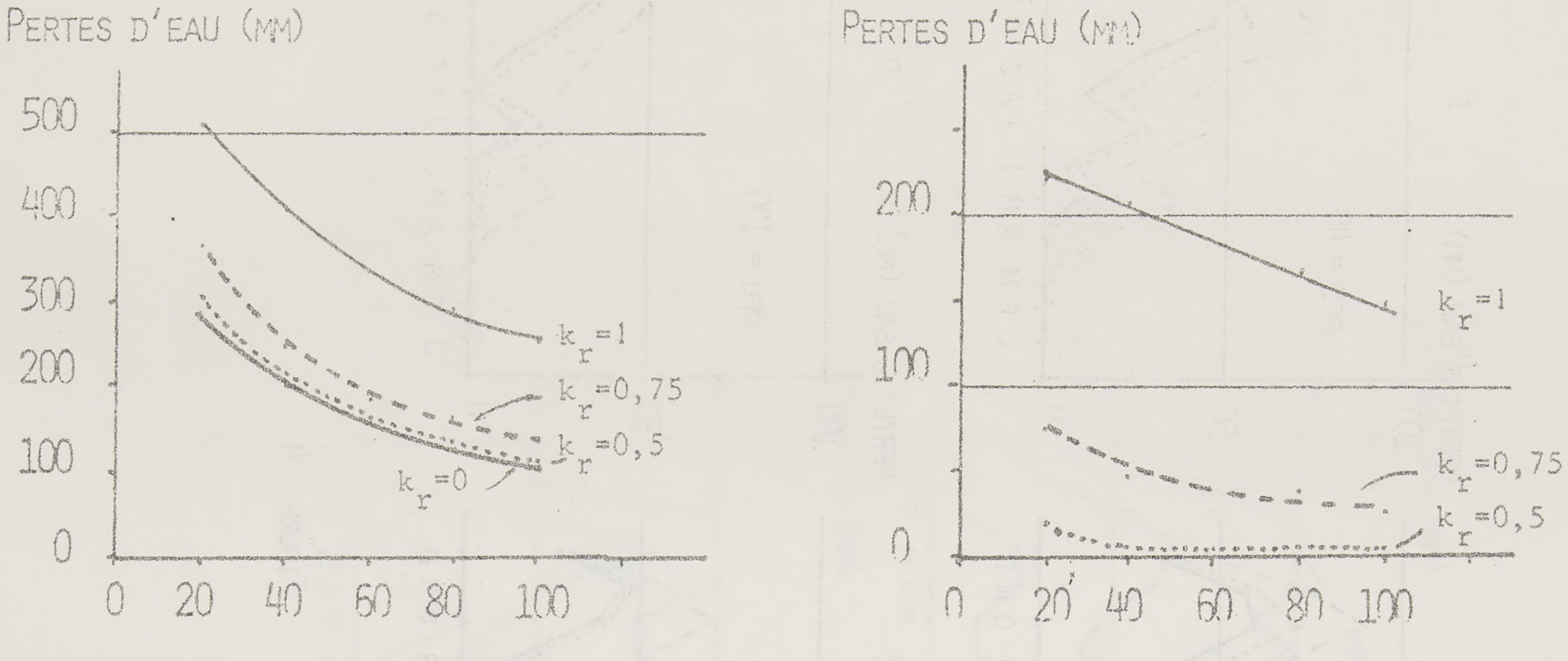

PERTES D'EAU (MM)
A
RFU = 20
100
50
0
J F M A M J J A S O N D
PERTES D'EAU (MM)
B
RFU = 40
100
50
0
J F M A M J J A S O N D
PERTES D'EAU (MM)
C
RFU = 60
100
50
0
J F M A M J J A S O N D
PERTES D'EAU (MM)
D
RFU = 100
100
50
0
J F M A M J J A S O N D
$k_r = 1$
$k_r = 0,75$
$k_r = 0$

FIGURE 4


PERTES D'EAU (MM)
500
400
300
200
100
0
0 20 40 60 80 100
k_r=1
k_r=0,75
k_r=0,5
k_r=0
PERTES D'EAU (MM)
200
100
0
0 20 40 60 80 100
k_r=1
k_r=0,75
k_r=0,5

A B

FIGURE 5

BIBLIOGRAPHIE

DENMEAD (O.T.), SHAW (H.H.). - Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions ; Agron. J., 54, 385-390, 1962.

HALLAIRE (M.). - Le problème du potentiel de l'eau dans le sol et de la disponibilité de l'eau pour la végétation. Ann. Physiol. Vég., 2, 119-130, 1960.

SCHOCH (P.G.), De VILLELE (O.), GRANIER (J.).- Besoins climatiques en eau des cultures aux Antilles Françaises. Nouv. Agron. Antilles-Guyane, 1975, 1, 2, 101-108, 1975.

-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-

RESUME

Les auteurs rappellent tout d'abord les notions classiques utilisées par les méthodes de conduite d'irrigation les plus simples qui reposent sur des données météorologiques :

- l'évapotranspiration potentielle (ETP) et son estimation en Guadeloupe,
- la réserve utile (RU), fonction du sol et de l'enracinement de la culture.

Dans un souci d'économie de l'eau d'irrigation, on adopte souvent pour le calcul des doses et fréquences des apports un coefficient réducteur de l'ETP. Les auteurs proposent un modèle de simulation simple fonctionnant jour par jour afin de tester ces méthodes. Ils considèrent un sous-modèle d'évapotranspiration réelle (ETR) fonction de l'ETP et de l'état actuel de la réserve en eau du sol à la disposition de la culture qui s'inspire des nombreuses données de la littérature. Ainsi l'évolution de la réserve du sol et les pertes d'eau par ruissellement ou drainage peuvent être calculées jour par jour. Ce modèle permet de contrôler l'efficacité des apports d'eau (pluie ou irrigation). Cette méthode est particulièrement intéressante pour les études fréquentielles indispensables à la conception des réseaux d'irrigation car elle prend bien en compte l'extrême irrigularité des pluies.

SUMMARY

SIMULATION OF THE DAILY WATER BALANCE FOR IRRIGATION APPLICATION TO A FREQUENCY STUDY OF IRRIGATION WATER REQUIREMENTS AND LOSSES BY DRAINING OR DRIPPING IN THE SAINT-FRANCOIS (GUADELOUPE) AREA

First the authors remind the standard notions used by the most simple irrigation management methods and which are based upon meteorological data :

- potential evapotranspiration (ETP) and its estimation in Guadeloupe,
- Useful water reserve (RU), function of the soil and the crop rooting.

For irrigation water saving, in the calculation of quantities and frequencies, and ETP a reducing coefficient is often adopted. The authors propose a simple and daily simulation model to test those methods.

They study a sub-model of actual evapotranspiration (ETR) function of ETP and of the actual content of the soil water reservoir available for the crop. This sub-model is drawn from the numerous bibliographic data. So, the soil water resere and the draining or dripping losses can be calculated daily.

This model allows to check the water deposits (rain or irrigation). This method is particularly interesting for frequency studies which are obligatory for the conception of irrigation networks because it takes into account the important irregularity of rainfalls.

RESUMEN

SIMULACION DEL BALANCE HIDRICO PARA LA PREVISION DEL RIEGO APLICACION A UN ESTUDIO FRECUENCIAL DE LAS NECESIDADES EN AGUA DE RIEGO Y DE LAS PERDIDAS DE AGUA POR DRENAGE O CHORRO EN LA REGION DE SAINT-FRANCOIS (GUADELOUPE)

Por de pronto los autores recuerdan las nociones clásicas empleadas por los metodos de manejo del riego los mas simples, nociones que se apoyan sobre datos meteorológicos :

- Evapotranspiración potencial (ETP) y su estimación en Guadalupe,
- la reserva util (RU), funcion del suelo y del arraigamiento del cultivo.

Para ahorrar el agua de riego, muchas veces se adopta para el calculo de las dosis y frecuencias de los aportaciones un coeficiente reductor de la ETP. Los autores proponen un modelo de simulación simple funcionando diariamente para probar esos metodos. Consideran un sub-modelo de evapotranspiración efectiva (ETR) función de la ETP y del estado actual de la reserva hídrica del suelo disponible para el cultivo.

Este modelo se inspira de los numerosos datos bibliográficos. Asi la evolución de la reserva del suelo y las perdidas de agua por drenaje o chorreo pueden ser calculadas diariamente. Este modelo permite de controlar la eficacidad de las aportaciones de agua (lluvia o riego).

Este metodo es particulamente interesante par los estudios frecuenciales indispensables para la concepción de las redes de riego pues toma cuenta de la gran irregularidad de las lluvias.

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 229-234, 1978.

ESTIMATION DU RAYONNEMENT NET EN FONCTION DE L'INSOLATION EN ZONE TROPICALE

R. BONHOMME(°) - J.C. OMETTO(°°)

I - INTRODUCTION

Le rayonnement net Q est le bilan de l'énergie radiative reçue au niveau du sol, il inclut les rayonnements d'origine solaire mais aussi les rayonnements thermiques infrarouges émis par le sol et les constituants de l'atmosphère. La température de l'air ou d'une surface, l'évaporation d'une nappe d'eau ou l'évapotranspiration d'un couvert végétal sont déterminés par ce facteur.

Sa mesure précise nécessite un appareillage coûteux et est de plus délicate à effectuer (MERMIER, 1972). Aussi de très nombreux auteurs ont-ils cherché à estimer le rayonnement net à partir de données météorologiques plus simples : cf. bibliographie de LINACRE (1968).

Si nous nous limitons aux études réalisées en zones tropicales, trois orientations doivent être signalées :

- le calcul de corrélations entre Q et de nombreux facteurs météorologiques : température de l'air, transmission de l'atmosphère (KALNA, 1972), rayonnement global, température de l'air, humidité relative, insolation (REDDY, 1971),

- l'étude des relations linéaires entre Q et le rayonnement solaire global G sur des intervalles de temps variables : DAVIES (1967), EKERN (1965), OMETTO (1973), VISWANADHAM et RAMANADHAM (1967),

- l'estimation de Q à partir de la fraction d'insolation n/N : FITZPATRICK et STERN (1973), OMETTO (1973).

Cette dernière méthode nous semble la plus intéressante à développer car les mesures faites avec des héliographes sont assez nombreuses et elles servent souvent à estimer aussi le rayonnement solaire global. Cependant au lieu de rechercher une relation statistique linéaire entre Q et n/N nous allons décomposer les différents termes du rayonnement net selon une démarche comparable à celle de LINACRE (1968).

II - DISPOSITIFS DE MESURE

En Guadeloupe (16°N), la mesure du rayonnement net Q est faite à l'aide d'un pyrradiomètre différentiel SWISSTECO placé au-dessus d'une culture de *Digitaria*, celle du rayonnement solaire global G avec un pyranomètre de MOLL.

A Piracicaba (22° S) au Brésil, Q est mesuré avec un appareil BECKMAN - WHITHLEY, et G avec un pyranomètre EPPLEY ; la culture est un gazon de *Paspalum*

(°) Station de Bioclimatologie - I.N.R.A. - Antilles-Guyane, Domaine Duclos 97170 PETIT-BOURG (Guadeloupe)

(°°) FISICA ESALQ - Caixa Postal 9 - 13400 PIRACICABA SP Brésil

Dans les deux cas l'héliographe utilisé pour la mesure de l'insolation est un CAMPBELL-STOCKES. Les enregistrements de Q et G sont planimétrés sur 24 heures pour donner des valeurs journalières en calories cm^{-2} $jour^{-1}$

III - METHODE D'ESTIMATION DU RAYONNEMENT NET

Le rayonnement net Q d'une surface inclut différents termes :

$$Q = G - \alpha G + L_a - L_s$$

G, est le rayonnement solaire global,
G, le rayonnement solaire global réfléchi (α : albédo),
L_a, le rayonnement atmosphérique de grande longueur d'onde,
L_s, le rayonnement de grande longueur d'onde émis par la surface.

Le rayonnement solaire global peut être estimé à partir de la fraction d'insolation n/N et du rayonnement solaire extraterrestre G_o (cf. rappel bibliographique de DURAND, 1974) :

$$G / G_o = A + b\ (n/N)$$

Le bilan des rayonnements de grande longueur d'onde par ciel clair $L = L_s - L_a$ est estimé à l'aide de différentes formules approchées :

(1) $L' = 352{,}8 - 0{,}002275 \ .\ 10^{-5} \ .\ T_k^4$: (SWINBANK, 1963)

(2) $L' = 0{,}0119 \ .\ 10^{-5} \ .\ T_k^4 \ .(0{,}56 - 0{,}08 \sqrt{f})$: (BRUNT, 1932)

où L' est évalué en calories cm^{-2} $jour^{-1}$
Tk est la température moyenne journalière en ° K
f est la tension de vapeur d'eau moyenne journalière en mb

Par ciel couvert $L = L' \{ a' + b'\ (n/N)\}$ et l'on adopte souvent les valeurs a' = 0,1 et b' = 0,9. Nous avons admis qu'en zone tropicale, compte-tenu des faibles variations de température et de tension de vapeur, il est possible d'estimer L directement à partir de l'insolation seule :

$$L = a'' + b''\ (n/N)$$

On aboutit ainsi à une formule d'évaluation du rayonnement net qui est seulement fonction de la fraction d'insolation :

$$Q = G_o\ (1 - \alpha)\ \{ a + b\ (n/N) \} - \{ a'' + b''\ (n/N)\}$$

IV - RESULTATS

Les relations linéaires entre la part de rayonnement solaire extraterrestre reçu au sol et la fraction d'insolation ont déjà été établies sur de longues périodes dans les deux sites de mesure et donnent des coefficients très proches (BONHOMME, 1973 ; OMETTO, 1973) :

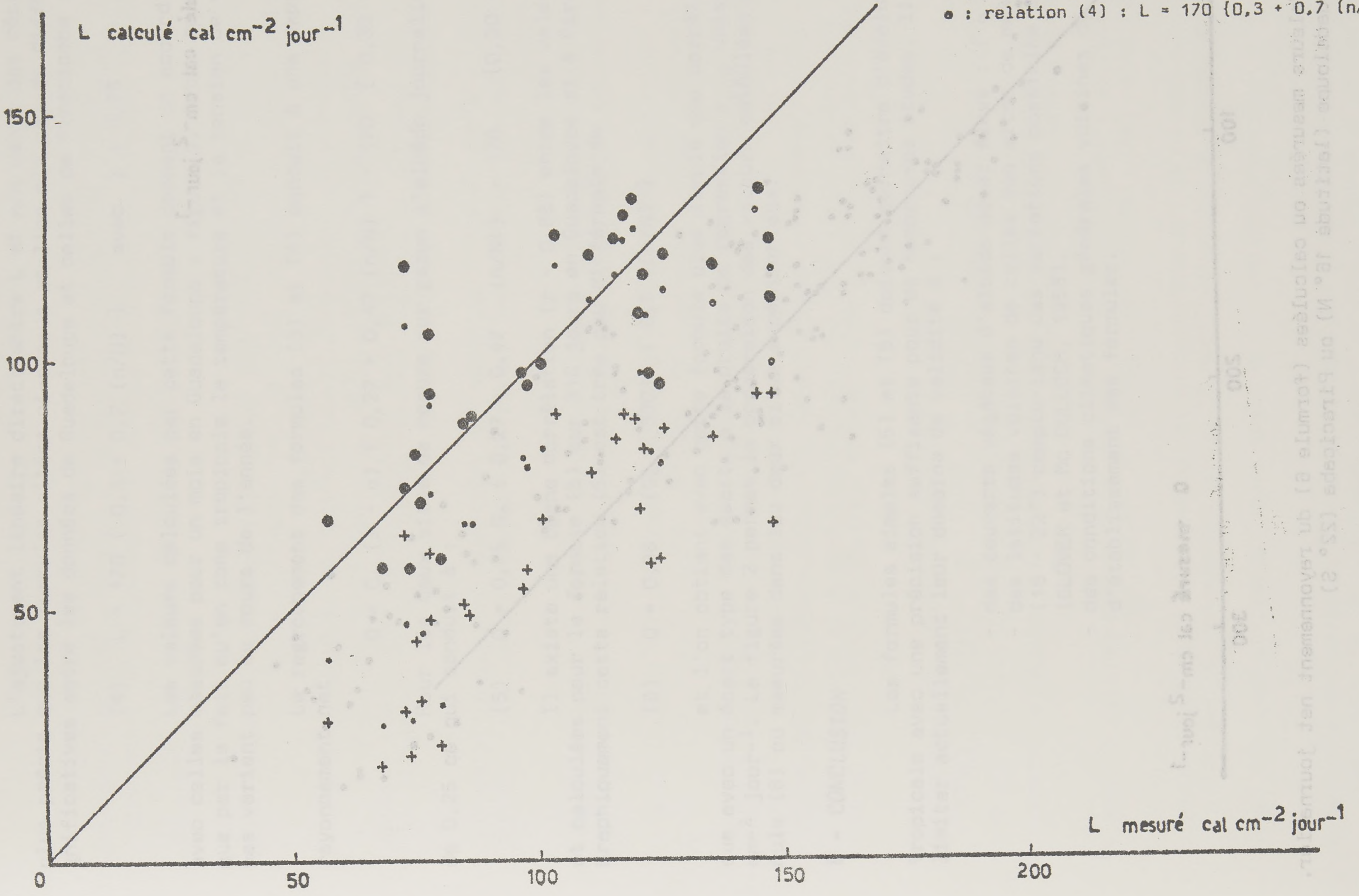
(3) $G/G_o = 0{,}27 + 0{,}47\ (n/N)$ $r = 0{,}84$ en Guadeloupe

$G/G_o = 0{,}26 + 0{,}51\ (n/N)$ $r = 0{,}85$ à Piracicaba

Sur la figure 1, les valeurs calculées du bilan des rayonnements de grande longueur d'onde L (avec a' = 0,1 et b' = 0,9) sont comparées aux valeurs mesurées sur un mois en Guadeloupe (G - Q - αG). Il apparaît que les formules (1) et (2) sous estiment nettement L particulièrement pour les faibles insolations ; celà est peut-être dû aux coefficients a' et b' habituellement choisis en zones continentales, les valeurs a' = 0,3 et b' = 0,7 donnant de meilleurs estimations

Figure 1 - Valeurs du bilan des rayonnements de grande longueur d'onde :
$L = L_s - L_s$
Valeurs journalières sur 24 heures, Guadeloupe, Avril 1973

. : formule de SWINBANK (1)
\+ : formule de BRUNT (2)
● : relation (4) : L = 170 (0,3 + 0,7 (n/N))



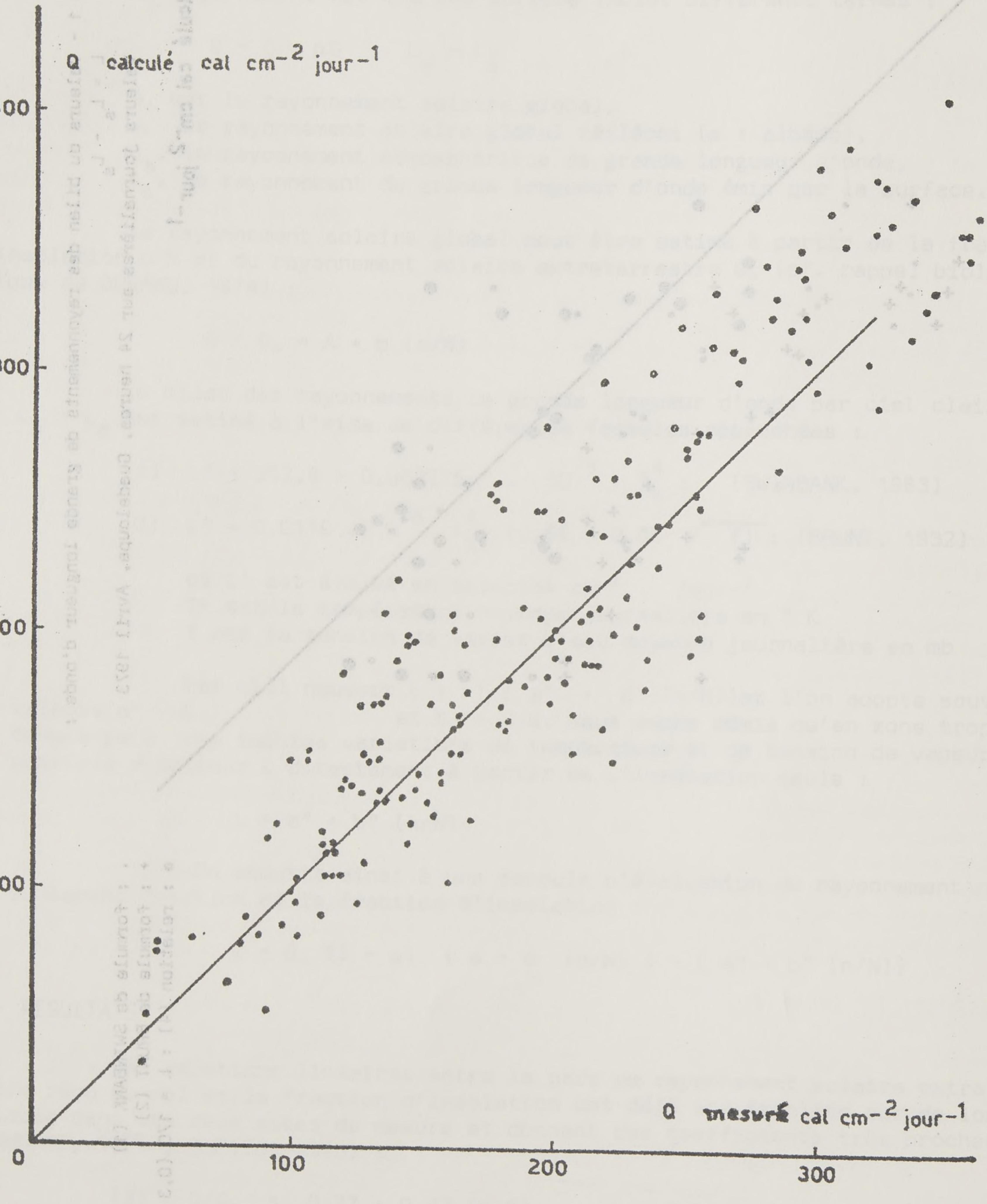


Figure 2 - Valeurs mesurées ou calculées (formule 6) du rayonnement net journalier. Guadeloupe (latitude 16° N) ou Piracicaba (22° S)

en zones tropicales (RODRIGUEZ, 1971 ; RIOU, 1967).

L'ajustement linéaire direct entre L et n/N donne des résultats bien plus précis que les formules citées ci-dessus et l'on n'a pas de différences significatives entre les données de Guadeloupe et celles de Piracicaba :

(4) $L = 170 \{ 0{,}3 + 0{,}7 \ (n/N) \}$ avec $r = 0{,}78$

Les valeurs calculées par cette formule donnent un accord satisfaisant avec celles mesurées pour un mois en Guadeloupe : figure 1. Cette relation s'explique par le fait qu'en zone tropicale la température et la tension de vapeur moyennes varient peu au cours de l'année.

Le regroupement des formules (3) et (4) conduit à une expression du rayonnement net

$$Q = G_o \ (1 - \alpha) \{ 0{,}27 + 0{,}47 \ (n/N) \} - 170 \ \{ 0{,}30 + 0{,}70 \ (n/N) \}$$

Pour les deux sites de mesure sur gazon l'albédo journalier est voisin de 0,25 ce qui conduit à :

(5) $Q = 0{,}75 \ G_o \ \{ 0{,}27 + 0{,}47 \ (n/N) \} - 170 \ \{ 0{,}30 + 0{,}70 \ (n/N) \}$

Il existe une bonne corrélation ($r = 0{,}88$) entre les valeurs mesurées et calculées pour la formule (5) sur 310 jours en Guadeloupe et à Piracicaba. Graphiquement cette relation (5) est très peu différente de :

(6) $Q = 0{,}36 \ (G_o - 300) \ \{ 0{,}5 + (n/N) \}$

et l'on obtient avec cette formule plus simple une corrélation identique avec un écart type des écarts à la droite de regression $s_{y,x}$ voisin de 40 cal cm^{-2} $jour^{-1}$. La figure 2 permet la comparaison des valeurs calculées avec la formule (6) ou mesurées dans les deux sites expérimentaux.

V - CONCLUSION

Les formules simples (5) et (6) doivent permettre d'évaluer Q en zone tropicale avec une précision suffisante pour de nombreuses études. Il faut toutefois limiter actuellement leur domaine de validité à :

- des couverts végétaux d'albédo assez élevé : ($\alpha \neq 0{,}25$),
- des latitudes voisines de celles des sites de mesure (16 - 22°) compte-tenu des variations possibles de a et b (GLOVER et Mc CULLOCH, 1958).
- des conditions climatiques générales voisines de celles des lieux d'établissement des formules.

BIBLIOGRAPHIE

BONHOMME (R.).- Evaluation de l'énergie solaire en Guadeloupe. Congrès "Le soleil au Service de l'homme. UNESCO, Paris, E 125, 1-8, 1973.

BRUNT (D.). - Notes on radiation in the atmosphère. Quart. J. Roy. Met. Soc., 58, 389-418, 1932.

DAVIES (J.A.).- A note on the relation ship between net radiation and solar radiation. Quart. J. Roy Met. Soc., 93, 395, 109-115, 1967.

DURAND (R.). - Estimation du rayonnement global à partir de la durée d'insolation. Ann. agron., 25, 6, 779-795, 1974.

EKERN (P.C.).- The fraction of sunlight retained as net radiation in Hawaii. J. Geophys. Res., 70, 785-793, 1965.

FITZPATRICK (E.A.), STERN (W.R.).- Net radiation estimated from global solar radiation. Congrès "Réponse des plantes aux facteurs climatiques", UNESCO, Uppsala, 403-410, 1973.

GLOVER (J.), Mc CULLOCH (J.S.G.). The empirical relation between Solar Radiation and Hours of Sunschine. Quart. J. Roy. Met. Soc., 84, 84-89, 1958.

KALMA (J.D.).- The radiation balance of a tropical pasture. II - Net all-wave radiation. Agric. Meteorol., 10, 261-275, 1972.

LINACRE (E.T.). - Estimating the net radiation flux. Agric. Meteorol. 5, 49-63, 1968.

MERMIER (M.).- Etude théorique et expérimentale d'un pyrradiomètre différentiel à circulation d'eau. Réduction des erreurs dues à la convection dans la mesure du rayonnement net. Thèse de spécialité, Université de Provence, 33 p., 1972.

OMETTO (J.C.). - Etude des relations entre le rayonnement solaire, le rayonnement net, et l'ensoleillement. Congrès "Le soleil au Service de l'homme", UNESCO, Paris, E 21, 1-12, 1973.

REDDY (S.J.). - An empirical method for the estimation of net radiation intensity. Solar Energy, 13, 291-292, 1971.

RIOU (C.).- Calcul de l'évaporation par la méthode du bilan énergétique en zone sahélienne. Cah., ORSTOM, Ser. Hydrol., 4, 37-46, 1967.

RODRIGUEZ (A.A.).- Calcul de l'évapotranspiration potentielle en milieu tropical et notamment en altitude. Thèse 3° cycle, Strasbourg, 87 p., 1971.

SWINBANK (W.C.). - Long-wave radiation from clear skies. Quart. J. Roy. Met. Soc. 89, 339-348, 1963.

VISWANADHAM (Y.), RAMANADHAM (R.).- The dependence of net radiation on short-wave radiation at Waltair. Ind. J. Meteor. Geophys., 18, 527-530, 1967.

RESUME

Diverses méthodes ont été proposées pour estimer le rayonnement net Q à partir de données météorologiques simples. Les auteurs s'appuyant sur un examen des différents termes du rayonnement net proposent pour la zone tropicale des formules simples de calcul à partir de la fraction d'insolation n/N et d'une données astronomique, le rayonnement global extra-atmosphérique Go :

$$Q = 0{,}75\ Go\ (0{,}27 + 0{,}47\ (n/N)) - 170\ (0{,}30 + 0{,}70\ (n/N))$$

ou

$$Q = 0{,}36\ (Go - 300)\ (0{,}5 + n/N)$$

Ces formules sont assez précises pour de nombreuses études mais il convient de ne pas oublier les limites de validité qui sont énoncées.

SUMMARY

NET RADIATION ESTIMATION IN FUNCTION

WITH INSOLATION IN TROPICAL ZONE

Various methods have been proposed to estimate the net radiation Q from simple meteorological data. The authors depending on an survey of the different terms of net radiation propose for the tropical zone simple calculation formulas from the insolation fraction n/N and an astronomical data, the extra atmospheric global radiation Go :

$$Q = 0{,}75\ Go\ (0{,}27 + 0{,}47\ (n/N)) - 170\ (0{,}30 + 0{,}70\ (n/N))$$

ou

$$Q = 0{,}36\ (Go - 300)\ (0{,}5 + n/N)$$

These formulas are accurate enough for numerous studies but it is necessary to not forget the validity limits which are shown.

RESUMEN

ESTIMACION DE LA RADIACION NETA EN RELACION CON LA INSOLACION EN ZONA TROPICAL

Varios metodos han sido propuestos para estimar la radiación neta Q desde datos meteorologicos simples. Los autores apoyandose sobre un examen de los diferentes terminos de la radiación neta proponen para la zona tropical formulas simples de calculo a parte de la fracción de insolación n/N y un dato astronómico, la radiación extra atmosférica global Go :

$$Q = 0{,}75\ Go\ (0{,}27 + 0{,}47\ (n/N)) - 170\ (0{,}30 + 0{,}70\ (n/N))$$

o

$$Q = 0{,}36\ (Go - 300)\ (0{,}5 + (n/N))$$

Esas formulas son bastante precisas para numerosos estudios pero es necesario de no olvidar los limites de validez que son enumciadas.

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 237-246, 1978.

EMPLOI DE CERTAINS RESIDUS URBAINS EN CULTURE INTENSIVE SOUS CLIMAT TROPICAL (°)

M. CLAIRON (°°) - D. NAGOU (°°)

I - INTRODUCTION

Le problème de fourniture de matières organiques indispensables aux sols en culture intensive et de lutte contre les pollutions, dont se préoccupent les pays industrialisés depuis des dizaines d'années, se posent avec autant sinon plus d'acuité pour les régions tropicales sous-développées. C'est le cas général des Petites Antilles Française surpeuplées et de surface réduite où l'amélioration des conditions de vie engendre une société de consommation effrénée. Les ordures ménagères représentent la source principale de pollution. Ainsi pour le seul Syndicat Intercommunal de Basse-Terre, en cinq ans (1973-1978) les ordures ménagères ont pratiquement doublé dans une région qui n'est pas encore atteinte par le tourisme.

Le développement de ce dernier contribue à accentuer le phénomène, en conduisant à augementer les importations qui, représentent en Guadeloupe le quintuple des exportations. Par voie de conséquence, les déchets urbains sont de plus en plus importants.

Un des moyens de lutte efficace, après un tri préalable pour l'élimination des indésirables (ferrailles, verres, plastiques divers,..), est de restituer à l'agriculture locale les éléments nécessaires à son développement. Le recyclage des éléments minéraux susceptibles d'augmenter les productions et d'améliorer les caractéristiques des sols (pH, capacité d'échange des cations, teneurs en P, Ca, K notamment) permettrait aussi des économies d'engrais onéreux d'importation.

Les criblés et broyés de décharges, c'est à dire les résidus urbains déferraillés et broyés constituant les gadoues, gadoues vertes ou gadoues fraîches (MESNIL et BAGUENIER, 1967) sont utilisées directement en zone tropicale. Au Bénin (ex-Dahomey) elles entrainent un effet favorable sur les légumes-feuilles (genre Amarante) et sur maïs (GRUBBEN, 1975, KOMA ALIMU et al, 1977).

La composition globale des déchets urbains de la zone de Basse-Terre est voisine de celle des résidus des pays industrialisés. Craignant les risques pour les cultures et les sols mentionnés par INOKO et al 1979 nous avons préféré soumettre, après déferraillage magnétique et broyage par marteaux à rotors, les ordures ménagères à des fermentations préalables en vue d'obtenir un comport (CLAIRON, 1980).

Il s'agit de vérifier sur sols à allophane ou andosols de Gourbeyre et d'alluvions récentes de Vieux-Habitants que ce compost peut être utilisé pour améliorer les rendements de deux cultures successives, la deuxième testant l'arrière-effet des apport de cette matière organique.

II - MATERIELS ET METHODE

La composition chimique de C.O.M. utilisé pour les expérimentations est la suivante :

(°) Recherche financée pour moitié par le Ministère de l'Environnement et du cadre de vie (contrat n° 7261) et pour moitié par la Station d'Agronomie INRA-AG

(°°) Station d'Agronomie - I.N.R.A. Antilles-Guyane, Domaine Duclos
97170 Petit-Bourg (Guadeloupe)

Cendres brutes	% M.S.	86,38
N Kjeldahl	"	0,52
C total (Anne)	"	8,70
C/N	"	16,73
pH-eau mat. brute rapport 1/5		8,9
Résistivité Ω/cm/m.b. "	"	668
P total	% M.S.	0,17
K "	"	0,20
Ca "	"	1,28
Mg "	"	0,21
Na "	"	0,68
Cl "	"	0,09
S "	"	0,12
Bore total	p.p.m. M.S.	10,24
Cuivre total	" "	241,80
Fer "	" "	27648
Manganèse "	" "	984
Molybdène "	" "	4,24
Zinc "	" "	1024
Cadmium "	" "	1,70
Nickel "	" "	26,86
Plomb "	" "	246

Les essais ont été installés sur deux sols de la Basse-Terre :

a) un sol à allophane ou andosol situé à Gourbeyre en zone humide. Ce sol est riche en substances amorphes à grande capacité de rétention pour l'eau (100 à 150 % de son poids sec) et acide (pH-eau compris entre 5,0 et 6,0). Il présente en outre un bon état de fertilité car il est pourvu en matières organiques, phosphore et cations échangeables.

b) un sol limono-argilo-sableux, d'alluvions récentes, de la Vallée de la Grande Rivière, à Vieux-Habitants, en zone sèche sous-le-vent. Il est peu acide (pH-eau = 6,5), à faible capacité de rétention pour l'eau et d'échange des cations, moyennement pourvu en matières organiques, pauvre en phosphore et cations échangeables.

Dans un dispositif en blocs randomisés les trois traitements suivants ont été appliqués avec trois répétitions (tableau 1).

Tableau 1 - Fertilisation minérale et organique des traitements appliqués.

Traitements :	FERTILISATIONS								
	Minérale			Potentielle C.O.M.[1]			Totale		
	N	P	K	N	P	K_2O	N	P	K
I. Témoin	0	110	165	-	-	-	0	110	165
II. 30 t/ha C.O.M.	-	110	165	110	34	36	110	144	201
III. 120 t/ha C.O.M.	-	110	165	440	130	141	440	240	306

(1) Compost d'Ordures Ménagères à MS % MF = 60

La fertilisation minérale a été apportée sous forme de supertriple (P) et potassium sulfate (K). Dans les deux sites considérés le compost d'ordures ménagères a été intimement mélangé aux sols des parcelles et l'irrigation a été pratiquée.

2.1 - Andosol (Gourbeyre)

Le précédent cultural est représenté par cinq années de jachère sans fertilisation. Sur des parcelles de 6 x 4 mètres les deux cultures ont été successivement.

Une tomate cv. Floradel, repiquée le 15 janvier au stade de développement 5 feuilles, a été sacrifiée le 18 avril 1979 (densité 21000 pieds/ha).

Un concombre cv. Gémini 7 est conduit, après semis direct, du 10 mai au 27 juillet 1979 à la densité de 11 000 pieds/ha.

Les apports d'amendement organique et de fertilisation phospho-potassique ont été effectués par nos soins ; la conduite de l'expérimentation et les récoltes ayant été confiées aux moniteurs et jeunes gens de Saint-Jean Bosco.

2.2 - Sol limono-argilo-sableux, alluvions récentes (Vieux-Habitants)

Les trois traitements ont été appliqués à des parcelles de 6 x 6 mètres avec deux cultures successives (une première culture de tomate cv. Floradel plantée en février a dû être abandonnée en mars pour cause de flétrissement bactérien sur 70 % des plantes) :

- un concombre cv. Gémini 7 de juin à juillet 1979, à 11 000 pieds/ha.
- un maïs cv. Etoamarillo, d'août à novembre 1979, à 50 000 pieds/ha.

L'essai est installé sur le Domaine du Service d'Agronomie soumis à de fortes fertilisations minérales représentant environ 600 kg/ha/an d'un engrais ternaire (12.12.24) pour les trois dernières années de cultures d'aubergine, poivron, haricot nain...

Le maïs a souffert du passage des cyclones David et Frédéric du mois de septembre 1979. Si aucune perte significative n'a été enregistrée au niveau du nombre de pieds détruits par parcelle (moins de l'unité) les conséquences au niveau des sols après cette culture et accessoirement des grains à la récolte sont examinées.

III - RESULTATS

3.1 - Andosol

Les deux cultures ont donné les résultats de récolte figurant au tableau 2.

Tableau 2 - Récoltes cumulées de tomates et concombres sur sol à allophane

	Tomate cv. Floradel			Concombre cv. Gémini 7		
	kg/ parcelle	kg/ha	% témoin	kg/ parcelle	kg/ha	%témoin
I. Témoin	42,65	17 800	100	17,60	7 300	100
II. 30 t/ha C.O.M.	46,40	19 300	109	19,35	8 000	110
III. 120 t/ha C.O.M.	55,00	22 900	129	26,86	11 200	153
ddl	F			F		
Bloc 2	17,87 **			1,19 NS		
Traitement 2	6,2 NS			2,27 NS		
Erreur 4						

Les récoltes de tomate (fig. 1) et de concombre se sont étalées sur un mois (du 16 mars au 17 avril et du 29 juin au 27 juillet) (fig. 1).

Avec des apports de 30 t/ha de C.O.M. les gains de production par rapport au témoin sont dans les deux cas peu importants (10%) ; ils présentent une évolution intéressante avec 120 t/ha (gain de 30 et 50 % par rapport au témoin respectivement pour tomate et concombre). Mais la forte hétérogénéité du milieu se traduit par un effet donc hautement significatif pour les tomates et aucun effet traitements sur les deux cultures.

3.2 - Sols d'alluvions récentes

- 3.2.1 - Concombre cv. Gémini 7

Le nombre de fruits récoltés à chaque date de récolte (fig. 2) montre le plus souvent une supériorité des traitements avec C.O.M.

Les résultats principaux cumulés des récoltes effectuées durant 25 jours, figurent au tableau 3.

Aucune différence significative n'est enregistrée au niveau des traitements mais un effet bloc hautement significatif.

Tableau 3 - Récolte concombre cv. Gémini 7 sur alluvions récentes de la Basse-Terre Guadeloupe.

	Fruit/parcelle		Pour 100 témoin
	Nombre	Poids (kg)	
I. Témoin	189	160	100
II. 30 t/ha C.O.M.	197	180	112
III. 120 t/ha C.O.M.	218	198	120
Moyenne	201	179	

On peut noter une production faible même pour un début de période défavorable ; cependant elle semble augmenter pour le nombre de fruits et le poids obtenus par parcelle de 12 à 20 % par rapport au témoin, avec 30 et 120 t/ha C.O.M.

3.2.2 - Maïs cv. Etoamarillo

a) Récolte (tableau 4)

Cette plantation a eu à souffrir des passages des cyclones David et Frédéric du mois de septembre 1979, au stade de développement 5-6[e] feuille sans qu'il y ait de baisse significative du nombre de pieds par parcelle.

Tableau 4 - Récolte de maïs cv. Etoamaraillo sur alluvions récentes

	Nombre / Parcelle		MF grains kg / parcelle	MS grains Qx/ha	% Témoin	Poids (g) 1000 grains
	Pieds	Epis				
I. Témoin	98	98	3,75	10,75	100	212
II. C.O.M. 30 t/ha	92	92	4,45	12,15	119	215
III. C.O.M. 120 t/ha	108	108	4,99	13,45	133	221
ddl			F	F		
Blocs 2			10,53**	10,40**		
Traitements 2			2,67 NS	1,81 NS		
Erreur 4						

L'effet bloc est hautement significatif en grains frais ou secs. Les gains de production moyens par rapport au témoin représentent 19 et 33 % avec II (30 t) et III (120 t/ha), mais aucun effet traitement n'est significatif. Il faut noter une production moyenne d'un épi par pied, une production en Qx/ha faible, et l'augmentation du poids de 1000 grains.

b) Résultats analytiques

b-1 Grains de maïs

Il n'y a aucune différence significative entre les teneurs en N, P, K et Mg dans la matière sèche des grains selon les traitements ; Ca se trouve à l'état de traces (tableau 5).

Tableau 5 - Analyses maïs grains Vieux-Habitants

	% M.S.				MS	Exportations (kg / ha)			
	N	P	K	Mg	kg/ha	N	P	K	Mg
I. Témoin	1,56	0,42	0,42	0,11	1075	17	4,5	4,5	1,2
II. 30 t/ha	1,47	0,39	0,39	0,10	1215	18	4,7	4,7	1,2
III. 120 t/ha	1,56	0,44	0,41	0,12	1345	21	5,9	5,5	1,6

Les exportations sont très faibles (20 kg N, 5 kg P, 5 kg K à l'hectare).

b-2 Analyse des sols après culture

Les résultats sont groupés dans le tableau 6.

Tableau 6 - Analyse chimique du sol de Vieux-Habitants après maïs cv. Etoamarillo.

Traitements :		Témoin	C.O.M.	
			30 T/ha	120/ha
C organique (Anne)	‰	15,2	14,3	13,9
N Kjeldahl	‰	1,61	1,62	1,64
C/N		8,4	8,8	8,5
pH-eau		6,8	6,9	7,0
P Olsen	‰	0,048	0,052	0,054
P total	‰	0,19	0,19	0,19
Calcaire total	‰	0	0	0
C.E.C.	meq %	23,1	23,3	24,1
Ca^{2+} échangeable	" "	14,8	14,4	14,7
Mg^{2+} "	" "	5,1	4,9	5,1
K^{+} "	" "	1,4	1,6	1,7
Na^{+} "	" "	0,19	0,18	0,18
Al^{3+} "	" "	0,2	0,2	0,2
Mn Bittel	‰	0,39	0,38	0,35
Fe total	%	6,53	6,52	6,49
Cu	ppm	< 0,5	< 0,5	< 0,5
B soluble eau bouillante	ppm	0,27	0,30	0,31
S total	ppm	487	490	435
Pb total	ppm	23,6	29,2	31,1
Hg	ppm	0,11	0,11	0,15

Ces analyses, effectuées après la culture de maïs cv. Etoamarillo, et les passages des cyclones David et Frédéric révèlent une homogénéisation des caractéristiques des sols correspondant aux parcelles des trois traitements. A peine peut-on déceler une différence de pH-eau entre les traitements de 1/10 unité pH et une légère augementation des teneurs en Pb et Mg avec l'augmentation des doses de C.O.M. Tout se passe comme si l'effet du cyclone avait été d'effacer les différences créées à la suite de l'apport du compost.

IV - DISCUSSION - CONCLUSION

Les essais conduits sur sols à allophane et d'alluvions récentes avec tomate et concombre d'une part et concombre et maïs d'autre part n'ont pas permis de dégager des effets traitements avec des apports de 30 et 120 t/ha C.O.M. Les causes sont à rechercher dans les directions suivantes.

4.1 - Les parcelles

La mise en évidence d'effet-blocs presque toujours significatif à hautement significatif traduit l'hétérogénéité des parcelles expérimentales. La recherche de parcelles plus homogènes aurait nécessité de longs délais avant l'installation des essais et si elle était possible à Gourbeyre, elle s'avérait plus délicate à Vieux-Habitants où le domaine est soumis à des cultures intensives.

4.2 - Les récoltes (cultures maraîchères)

Si l'on considère les durées des récoltes de tomate et concombre à Gourbeyre et de concombre à Vieux-Habitants on s'aperçoit qu'elles ont été de l'ordre de 1 mois et moins. Elles sont insuffisantes pour des cultures qui peuvent demeurer en production pendant un temps au moins double. Les figures 1 et 2 illustrent parfaitement au plan du nombre de fruits récoltés de tomate et de concombre le temps de production trop court. En effet après trois semaines environ les récoltes sont bien hiérarchisées suivant les traitements : Témoin < 30 t < 120 t/ha et au moment de l'arrêt de l'essai nous n'étions pas encore au moment de la chute de production.

4.3 - Apports de matière organique et réponses végétales

Les apports de compost d'ordures ménagères ont été effectués sur sol à allophane une semaine avant l'installation des tomates. La valorisation des apports de matière organique n'est évidente pour la production des fruits, qu'après 21 jours soit 81 jours après plantation. Autrement dit, cela pose le problème de la vitesse de minéralisation, réputée extrêmement rapide, de la matière organique en zone tropicale. Sur concombre, à Vieux-Habitants, le même retard ne peut être mis en évidence cette plantation a suivi une installation de tomate qu'on a dû abandonner après un mois : le nombre de pieds atteints de flétrissement bactérien ayant dépassé 60 %. Alors la disponibilité en éléments minéraux du C.O.M. apporté quatre mois plus tôt est plus grande et les récoltes de fruits sont d'emblée en rapport avec les apports de matière organique.

4.4 - Mise en réserve des sols et intempéries tropicales

L'influence des deux cyclones au niveau des maïs ne peut être écartée soit pour des traumatismes aux niveaux racinaire et aérien soit pour des difficultés pour les fécondations ce qui explique la moyenne de un épi par pied et les faibles rendements obtenus. Ces derniers sont aussi liés au lessivage d'éléments nutritifs solubles ce qui entraine (tableau 6) une homogénéisation des parcelles des trois traitements. Sur ces sols de type limono-argilo-sableux le problème de mise en réserve d'éléments minéraux se pose avec acuité, compte tenu des risques d'entrainement par lessivage liés aux intempérés de type cyclonique.

Quoiqu'il en soit une matière organique susceptible d'amener des augmentations de production de 20 et 30 % par rapport au témoin, aux doses de 30 et 120 t/ha C.O.M. est importante surtout qu'elles sont obtenues sans fertilisation minérale azotée représentant l'engrais d'importation le plus coûteux.

REMERCIEMENTS

Aux moniteurs et jeunes gens du centre de Saint-Jean-Bosco à Gourbeyre et à Mrs BACHOU et DELACRUZ du Service d'Agronomie de Basse-Terre.

BIBLIOGRAPHIE

CLAIRON (M.). - Etude des possibilités d'utilisation agronomique du compost d'ordures ménagères en milieu tropical. A paraître in Ann. Agron. Rapport multigrap. fin de Recherche (30 p.), 1980.

GRUBBEN (G.J.H.). - La culture de l'Amarante, Légumes-Feuilles Tropicales. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen, Chap. 8, "Sol et fertilisation" 75, 1975.

INOKO (A.), MIYAMATSU (K.), SUGAHARA (K.) and HARADA (Y.). - On some organic constituents of city refuse compost produced in Japan. Soil Sci. Plant Nutr. 25, (2), 225-234, 1979.

KOMA ALIMU (F.X.) SOE AGNIE (I.E.), JANSEN (B.H.). - Evaluation of municipal refuse from Dahomey (Benin) as an organic manure. Soil Organic Matter Studies, I.A.E.A.S.M. 211-27, vol. II, pp. 277-287, 1977.

MESNIL (M.), BAGUENIER (G.). - L'évacuation et le traitement des résidus urbains I.S.M. 62 (5), 175-198, 1967.

RESUME

En plein champ sur microparcelles deux essais avec deux cultures successives ont été conduits en 1979 sur deux types de sols de Guadeloupe (Antilles Françaises) et à deux doses d'apport de compost d'ordures ménagères (30 et 120 t/ha) sans fertilisation minérale azotée.

Les productions obtenues sur sols à allophane avec tomate et concombre d'une part, et d'alluvions récentes avec concombre et maïs d'autre part, montrent une tendance à une augmentation de production de l'ordre de 30 % par rapport aux témoins à la dose élevée d'apport de compost mais sans signification statistique.

Le problème de mise en réserve d'éléments minéraux et des intempéries tropicales de type cyclonique est posé. Sur les alluvions récentes emblavées en maïs, les cyclones "David" et "Frédéric" (Septembre 1979) sans occasionner de pertes au niveau des pieds, entrainent, pour les sols des divers traitements, une uniformisation de leur composition chimique.

SUMMARY

USE OF CITY REFUSE IN INTENSIVE CULTIVATION UNDER TROPICAL CLIMATE

Two open-air trials on small plots were undertaken in 1979 with two successive crops on two soil types of Guadeloupe (French West Indies) and with two different levels of garbage compost (30 and 120 tons per hectare) without mineral nitrogen fertilization.

The productions obtained on allophane soils with tomato and cucumber on the one hand and on recent alluvial soils with cucumber and maize on the other hand point out a trend to a production increase of about 30 p. 100 with the higher level of garbage but without statistical significancy.

The problem of the mineral elements storing and the hurricane type inclamencies is presented. On the recent alluvial soils planted with maize, the hurricanes "David" and "Frédéric" (September 1979), without damaging the plants, turned uniform the chemical composition of the soils of the various treatments.

RESUMEN

EMPLEO DE COMPOST DE BASURAS EN CULTIVO INTENSIVO DE CLIMA TROPICAL

Dos experimentos en micro-parcelas al aire libre fueron realizados en 1979 con dos cultivos sucesivos en dos tipos de suelos de Guadalupe (Antillas Francesas) y con dos dosis de compost de basuras (30 y 120 toneladas por hectarea) sin fertilización nitrogenada mineral.

Las producciones obtenidas en andosuelos con tomate y cucumbre por un lado y en suelos aluviales recientes con cucumbre y maiz por otro lado, muestran una tendencia hacia un aumento de producción de acerca de 30 % en comparación con los testigos y la dosis alta de compost pero sin significacion estadistica.

El problema del almacenamiento de los minerales y de las intemperies tropicales de tipo ciclónico es presentado. En las aluviones recientes con maiz, los ciclones "David" y "Frederic" (Septiembre 1979) sin causar daños para las plantas, uniform an la composición química de los suelos.

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 247-259, 1978.

EPURATION DES EAUX D'UNE UNITE EXPERIMENTALE D'ELEVAGE

F. BAZILE (°) - M. NAMORY (°) - A. PARFAIT (°)
(avec la collaboration technique de R. PICHY)

L'unité d'élevage de la station de Recherches Zootechniques du CRAAG, constitue une source de pollution. Très vite l'INRA a recherché une solution. Deux projets furent avancés. Le premier faisait appel à un traitement de toutes les matières organiques par boues activées à très faible charge dans des bassins très largement dimensionnés afin de permettre un temps de séjour suffisant. Dans le second cas, il y avait un tri préalable entre les déjections solides et les eaux de lavage. La partie solide serait stockée dans une fosse à lisier d'un volume de 100 m^3, la fosse étant vidée périodiquement et le contenu utilisé soit pour l'épandage sur des pâturages soit pour confectionner du terreau. Il y aurait donc récupération de la matière organique pour son utilisation agronomique. La partie liquide subirait une pré-épuration sur un lit bactérien avant d'être diluée dans l'eau d'un ruisseau où l'épuration se poursuivrait. Le second projet fut retenu. Durant deux ans - 1977 - 1978 - nous avons contrôlé l'efficacité de cette installation, afin d'apporter éventuellement au vu des résultats, un certain nombre d'aménagements.

L'INSTALLATION D'EPURATION

Dans l'unité expérimentale il y a en moyenne 400 porcins (250 porcs et 150 porcelets) 150 ovins et caprins et environ 5 bovins. L'abattoir est faiblement utilisé - 3 animaux par semaine sauf à la période de Noël - une cinquantaine d'animaux durant une semaine - La figure 1 permet de situer les différents équipements. Les deux puisards 1 et 3 ont un volume de 20 m^3 et le puisard 8 de 10 m^3. On a placé derrière, un lit bactérien constitué par l'empilement de roches avec les volumes respectifs suivants : 1 et 3, 24 m^3, 86 m^3. Le ruisseau a un débit moyen de 3 m^3/h et sa longueur utile est de 350 m, chaque jour on utilise en moyenne 25 m^3 d'eau de lavage avec une pointe de 10 m^3 entre 7 heures et 9 heures le matin. Les eaux de lavage subissent une décantation dans le puisard, elles passent ensuite sur le lit bactérien et elles sont déversées dans le ruisseau qui aboutit dans la rivière BRAS DAVID.

L'ensemble du système est en terrain plat et le lit du ruisseau large d'au moins un mètre, est le plus souvent encombré d'une abondante végétation (Digitaria, Panicum).

La décantation et le lit bactérien sont repérés soit par les points 1 et 4 soit par les points 3 et 5 correspondant respectivement à l'entrée du décanteur et à la sortie du filtre. L'épuration par le ruisseau après dilution est repérée par les points 7 et 9.

Les mesures suivantes sont effectuées :

- D C O (Demande Chimique en oxygène) : méthode AFNOR
- Azote total : micro Kjeldahl
- Phosphore : colorimétrie
- Matière sèche totale : séchage à 80°C à l'étuve sous vide.

(°) Station de Technologie des Produits Végétaux - I.N.R.A. Antilles-Guyane, Domaine Duclos - 97170 Petit-Bourg (Guadeloupe)

Durant une première période-environ 60 jours des prélèvements quotidiens ont été effectués. Cette campagne de déterminations a montré qu'une mesure mensuelle correspondant au moment où la charge organique est la plus élevée, c'est-à-dire entre 7h et 9h, suffisait. Les prélèvements quotidiens ont été effectués. Cette campagne de déterminations a montré qu'une mesure mensuelle correspondant au moment où la charge organique est la plus élevée, c'est-à-dire entre 7h et 9h, suffisait. Les prélèvements notés de 1 à 9 ont été faits comme indiqués sur la figure 1.

RESULTATS ET DISCUSSION

Ils sont portés dans les tableaux de 1 à 5 et sur la figure 2. Pour un même point de prélèvement les variations mensuelles des niveaux de D C O peuvent s'expliquer à partir du nombre d'animaux existant dans l'unité expérimentale. Les valeurs moyennes pour les points successifs indiquent un bon fonctionnement du système d'épuration. Le taux moyen d'épuration (1) est supérieur à 95 %. Les déséquilibres dans le système sont introduits soit lors des crues du ruisseau, soit après un curage récent du canal. Ce fut le cas en Mars 1978. La diminution du pH et celle de la matière sèche indiquent aussi le bon fonctionnement du système quant à la réduction de la pollution organique. L'azote et le phosphore sont utilisés soit par les plantes soit par les bactéries.

Si on examine les différentes parties du système d'épuration, on peut estimer que chacune d'entre elles remplit son office. En résumé, le pH est correct car il est voisin de la neutralité. Les eaux du BRAS DAVID sont utilisées en aval du point 9 pour alimenter en eau potable, après traitement, plusieurs agglomérations. En regard de la législation actuelle sur les eaux pouvant servir à la consommation, il importe d'assurer régulièrement une surveillance du système d'épuration.

Les teneurs en azote ainsi que celles des matières sèches en suspension ne correspondent pas aux normes inscrites dans le tableau 5. Ceci peut s'expliquer par la prolifération des espèces bactériennes au cours de l'épuration et l'absence d'un système de décantation avant le rejet dans la rivière. L'enrichissement en bactéries peut concerner des germes comme les streptocoques fécaux et les clostridia sulfito réducteurs. En conséquence, il paraît souhaitable d'installer une station de chloration et de décantation avant rejet dans la rivière du BRAS DAVID. De tels aménagements permettraient de respecter la législation dans tous les domaines.

CONCLUSION

L'installation dans sa conception actuelle ne répond pas entièrement aux contraintes qu'il faut se fixer. La prolifération d'un certain nombre d'espèces bactériennes doit être limitée et contrôlée. Une décantation supplémentaire peut être aussi envisagée.

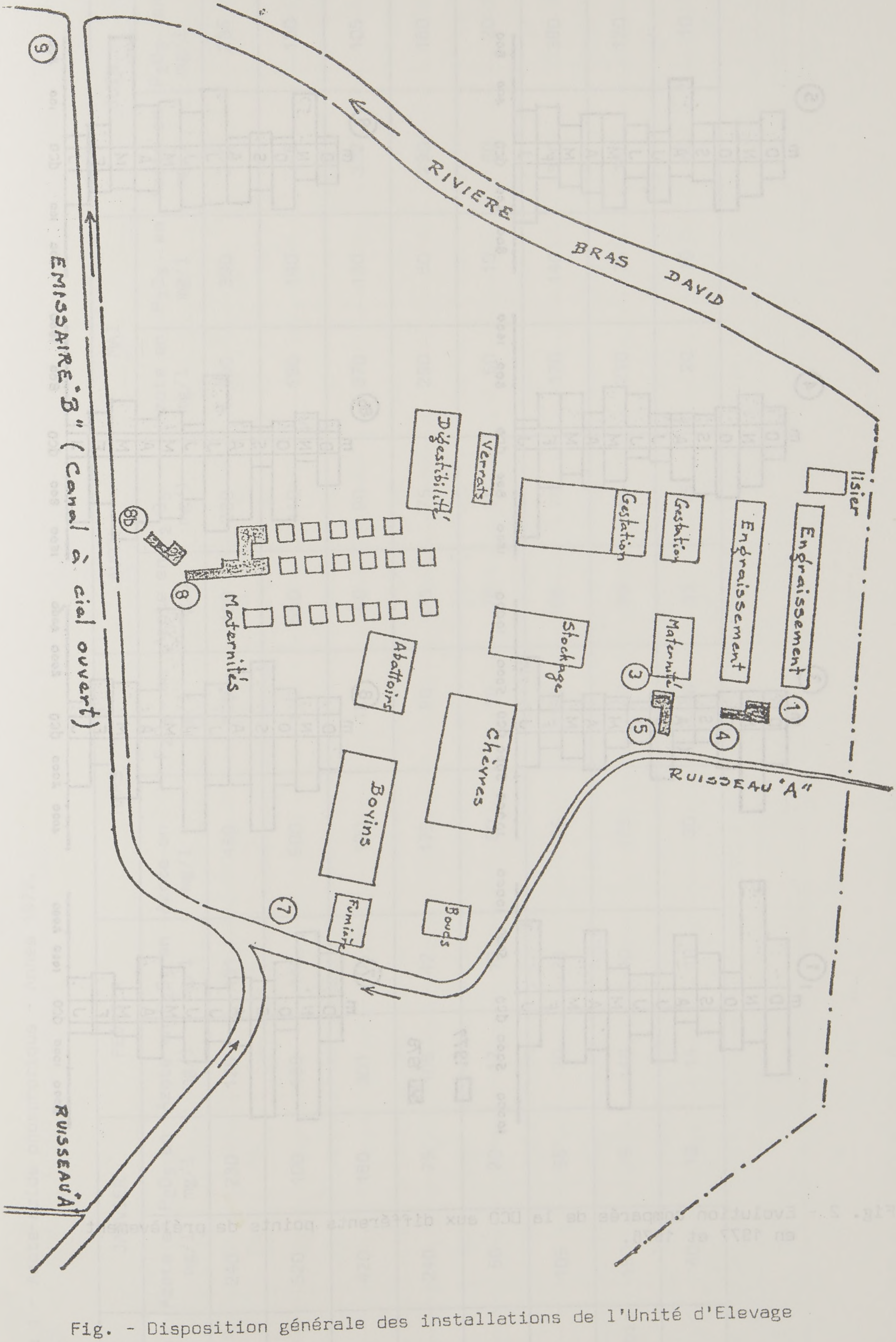


Fig. - Disposition générale des installations de l'Unité d'Elevage

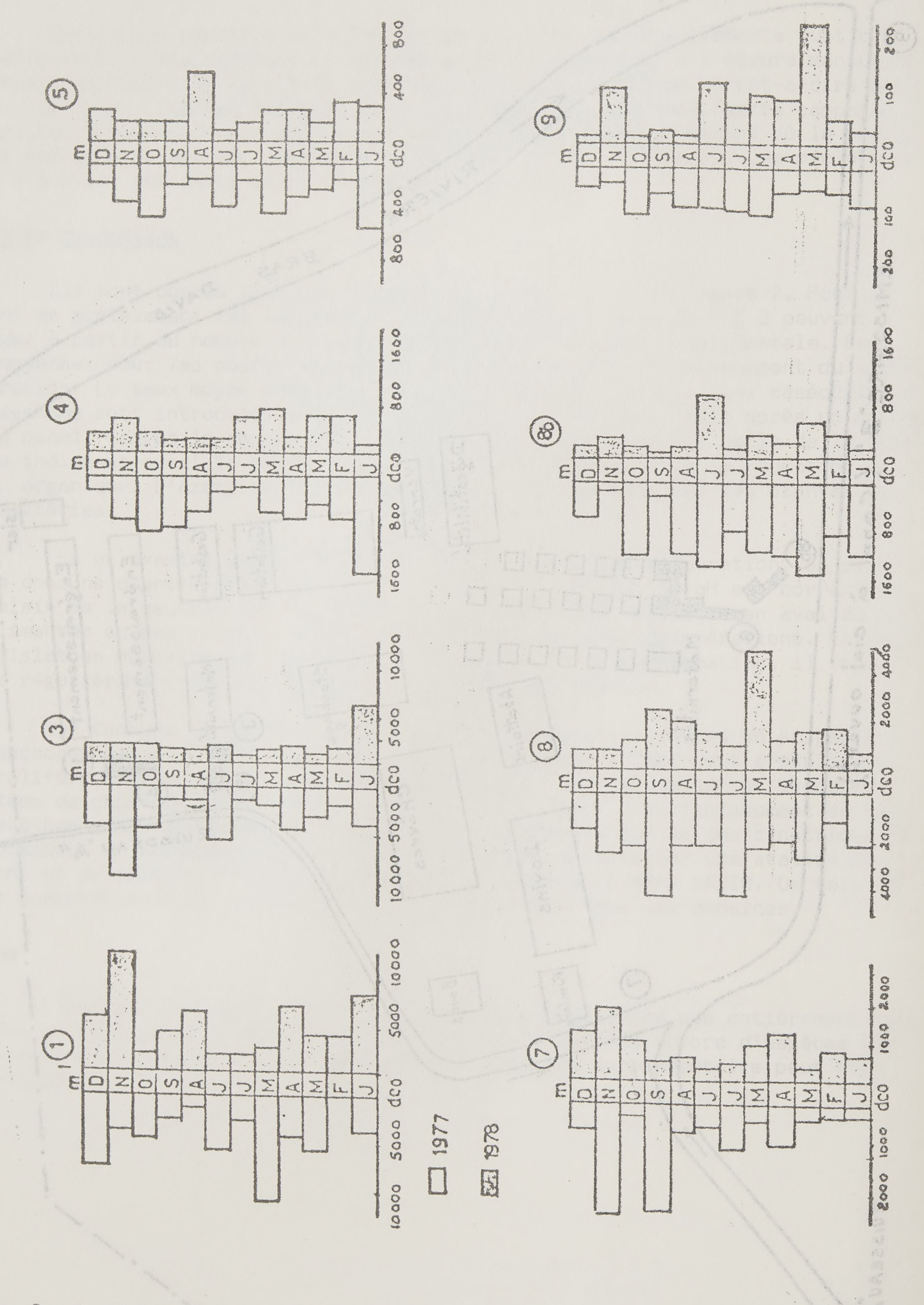


Fig. 2 - Evolution comparée de la DCO aux différents points de prélèvement en 1977 et 1978.

Tableau 1 - Azote-Acide phosphorique - Année 1977.

MOIS	JANVIER		FEVRIER		MARS		AVRIL		MAI		JUIN	
N°s	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l
1	240	230	126	131	480	190	480	230	1 400	390	240	235
3	520	100	189	110	500	110	550	110	150	140	245	130
4	420	160	301	108	190	120	160	90	370	130	322	105
5	240	75	105	42	175	90	175	75	290	80	290	180
7	50	20	17	10	60	10	70	10	50	10	60	20
8	105	55	70	28	95	160	105	70	170	140	370	390
8 bis	150	75	140	40	175	70	90	65	210	75	180	130
9	40	10	14	10	30	10	35	15	20	10	80	10

Tableau 1 (suite) - Azote-Acide phosphorique - Année 1977

MOIS	JUILLET		AOUT		SEPTEMBRE		OCTOBRE		NOVEMBRE		DECEMBRE	
N°s	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l
1	1 000	290	175	105	240	80	295	310	300	275	580	310
3	1 290	310	120	50	520	80	560	150	940	260	550	190
4	400	160	140	90	420	150	175	90	160	120	170	26
5	390	140	85	40	240	60	190	60	252	100	140	60
7	70	10	90	5	112	30	70	75	260	40	70	10
8	434	160	135	95	105	120	85	90	190	115	140	71
8 bis	210	70	150	75	155	90	105	95	40	20	90	40
9	40	20	40	5	40	15	55	15	35	10	35	10

Tableau 2 - Azote - Acide phosphorique - Année 1978

MOIS	JANVIER		FEVRIER		MARS		AVRIL		MAI		JUIN	
N°s	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l
1	588	238	399	167	476	92	364	175	154	110	140	86
3	756	80	448	180	182	52	294	92	98	56	196	32
4	175	58	217	47	294	147	238	52	126	88	168	117
5	273	56	420	132	343	65	420	65	56	40	112	88
7	70	5	315	20	112	5	168	12	154	10	42	15
8	126	47	476	247	196	47	196	57	182	163	140	53
8 bis	105	53	119	65	434	132	420	62	42	30	98	55
9	14	3,6	49	12	91	45	168	12	28	5	28	8

Tableau 2 (suite) - Azote-Acide phosphorique - Année 1978

MOIS	JUILLET		AOUT		SEPTEMBRE		OCTOBRE		NOVEMBRE		DECEMBRE	
N°S	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l	Azote en mg/l	P_2O_5 en mg/l
1	210	107	350	250	350	366	210	145	932	340	336	387
3	280	118	154	153	258	96	140	148	175	131	154	145
4	126	85	168	142	119	133	140	135	308	120	238	181
5	182	107	154	145	70	66	112	107	203	82	224	150
7	14	4	56	3,0	56	10	56	17	129	16	77	20
8	126	72	140	85	252	276	98	54	84	88	98	69
8 bis	112	56	70	32	42	18	28	14	84	12	91	95
9	28	9,5	42	7,	14	8	28	5,	28	5,0	42	7,5

Tableau 3 - pH - Année 1977

N°s	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1	6,8	7,3	7,9	7,1	8,6	7,0	9,05	6,6	7,7	7,2	7,15	7,05
3	8,6	7,85	8,6	8,3	7,3	7,5	9,0	8,4	8,6	8,45	8,5	7,45
4	7,4	8,4	6,8	7,1	7,4	7,8	7,7	7,45	7,2	7,3	7,2	6,85
5	8,0	8,2	7,5	7,7	7,9	7,4	8,1	7,9	7,4	8,0	7,5	7,65
7	7,3	7,2	7,6	7,7	7,6	7,8	8,5	7,25	8,2	7,8	8,35	7,8
8	7,0	7,6	7,4	7,4	7,2	7,1	9,0	7,15	7,15	7,7	7,6	7,55
8bis	6,8	7,6	7,3	7,1	7,2	7,8	7,9	6,85	7,4	7,2	7,25	7,1
9	7,2	7,0	7,1	6,9	7,1	7,7	6,7	7,2	7,1	7,1	6,6	6,8

Tableau 4 - pH - m.s. - Année 1978

MOIS	JANVIER		FEVRIER		MARS		AVRIL		MAI		JUIN	
N°s	pH	M.s.T. (g/l)	pH	M.s.T. (g/l)	pH	M.s.T. (g/l)	pH	M.s.T. (g/l)	pH	M.s.T. (g/l)	pH	M.s.T. (g/l)
1	8,1	2,4	8,0	2,35	8,4	2,49	8,05	2,99	8,4	1,60	8,4	2,65
3	8,1	1,5	7,0	1,45	7,4	0,81	8,7	1,34	7,7	1,02	8,7	1,23
4	7,4	0,6	7,4	0,63	6,9	1,35	6,9	0,28	7,1	0,89	7,35	1,74
5	7,7	0,81	7,2	0,93	7,3	0,74	7,65	1,04	6,9	0,56	7,4	0,68
7	7,4	2,7	7,25	2,73	7,2	0,60	8,3	1,20	7,8	0,93	8,25	1,08
8	8,6	0,8	6,7	0,76	7,0	1,36	7,05	1,02	6,75	3,88	8,75	2,90
8bis	7,8	0,6	7,2	0,66	6,7	1,08	7,0	0,32	6,9	0,64	7,5	0,65
9	7,0	0,11	7,2	0,11	6,9	0,47	7,2	0,30	6,8	0,55	6,8	0,12

Tableau 4 (suite) - pH - m.s. - Année 1978

MOIS	JUILLET		AOUT		SEPTEMBRE		OCTOBRE		NOVEMBRE		DECEMBRE	
N°s	pH	M.s.T. (g/l)	pH	M.s.T. (g/l)	pH	M.s.T. (g/l)	pH	M.s.T. (g/l)	pH	M.s.T. (g/l)	pH	M.s.T. (g/l)
1	7,7	2,12	8,4	3,96	6,2	2,86	7,8	1,40	8,2	8,22	7,7	4,16
3	7,9	1,36	8,4	0,90	8,6	1,16	8,6	1,55	8,2	1,62	8,1	1,85
4	7,3	0,40	7,5	1,90	7,3	0,76	6,9	1,75	7,5	1,23	6,6	1,03
5	7,75	0,56	7,4	0,85	7,8	0,43	7,2	0,42	7,9	0,78	6,7	1,16
7	7,4	0,28	8,0	0,71	7,6	0,76	7,5	1,63	8,0	1,85	7,2	1,31
8	7,6	1,21	8,0	0,62	8,0	2,19	7,6	1,23	7,3	0,84	6,7	0,85
8bis	7,4	1,00	7,4	0,38	7,4	0,35	7,0	0,29	7,6	0,69	6,8	0,74
9	6,9	0,19	6,8	0,18	7,4	0,12	6,3	0,11	7,0	0,21	6,7	0,18

Tableau 5 - Normes prévues par la loi pour les rejets de stations d'épuration

pH	Voisin de la neutralisé
Matières en suspension de toutes natures	30 mg/l
DBO5	Maximum 20 mg/l en pleine charge 15 mg/l en moyenne par 24 h.
D C O	Maximum 80 mg/l en pleine charge 50 mg/l en moyenne par 24 h.
Concentration en matières organiques (azote total)	Maximum 10 mg/l exprimé en N

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR T90 - 101. - Détermination de la Demande chimique en Oxygène (D C O) sept. 1971.

MOURGUES (J.), MAUGENET (J.). - Méthodes d'évaluation et valeur de la charge polluante des eaux résiduaires des Industries Alimentaires. Ann. Technol. Agric. 18, 45, 66 (1969).

TOUZEL (J.P.), MORFAUX (J.N.). - Epuration biologique en pilotes de Laboratoire des liqueurs noires de papier Kraft. Ann. Technol. Agric. 1977, 26 (4) 511-523, 1977.

NAMORY (M.). - Epuration biologique des vinasses des Industries Agricoles (Publication en cours), 1979.

-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-

RESUME

Des prélèvements réguliers ont été effectués pendant 2 ans en différents points d'un ruisseau recevant les eaux de lavage d'une porcherie expérimentale. Ces effluents sont dégradés à 95 %. Les concentrations élevées en éléments nutritifs font craindre la prolifération de Streptocoques fécaux et de Clostridia sulfito réducteurs.

SUMMARY

PURIFYING OF THE WATERS GOING OUT FROM AN

EXPERIMENTAL ANIMAL HUSBANDRY FARM

Regular sampling were done during two years in various places of a stream receving washing waters of an experimental pig farm. These effluents are degraded for 95 p. 100. The high concentrations of nutritive elements put in fear of faecal ctreptococci and Sulfito-reducers Clostridia.

RESUMEN

PURIFICACION DE AGUAS SALIENDO DE

UNA GANADERIA EXPERIMENTAL

Tomas regulares fueran hechas durante dos años en varios puntos de un arroyo recibiendo aguas de lavamiento de una porqueriza experimental. Esos efluentes son degradados a 95 p. 100. Las altas concentraciones de elementos nutritivos infunden miedo de la proliferación de Estreptococos fecales y de Clostridia sulfito-reductores.

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 261-273, 1978.

LA FLORE DES MILIEUX FERMENTAIRES EN RHUMERIE

A. PARFAIT (°) - B. GANOU-PARFAIT (°)

Dans la première moitié du vingtième siècle, de nombreux travaux microbiologiques ont été consacrés à la micro-flore intervenant dans la fabrication des rhums. Dans la littérature française, KERVEGANT (1946) les passe en revue. ARROYO (1945) souligne déjà la nécessité de travailler en culture pure avec des levures sélectionnées.

Par la suite, si l'intérêt pour les travaux microbiologiques ne diminue pas EL TABEY SHEHATA (1960), MAYEUX (1960), PARFAIT (1972) - entraînent les progrès dans les méthodes de l'analyse physicochimique ; les recherches sur la composition des rhums occupent une grande place, dans la littérature. Depuis, pour expliquer la présence de certains constituants dans les rhums à des concentrations données, on observe un regain d'intérêt pour les études sur la flore en levures et en bactéries. Aux Antilles Françaises et en Haïti, les fermentations en culture pure sont rarement utilisées ; elles constituent un terrain idéal pour des travaux, visant à définir le rôle des levures et des bactéries dans les différents processus de la fabrication des rhums.

A - INVENTAIRE DE LA FLORE EN BACTERIES

Cet inventaire a été fait de 1974 à 1975 dans les distilleries de Martinique et de Guadeloupe. Nous nous sommes surtout préoccupés des germes qui pouvaient intervenir au cours de la fabrication. Divers prélèvements sont faits dans chaque atelier : broyage de la canne, dilution des matières premières, cuveries de fermentation. Ils peuvent aussi concerner les sols, les eaux de fabrication, les vinasses. Un échantillon moyen est dans certains cas recueilli de manière à être représentatif du milieu en question. Une solution d'actidione à 0,5 - 1°/00 est ajoutée afin d'inhiber le développement des levures. Les isolements se font soit immédiatement, soit après conservation à 4°C au réfrigérateur.

Nous avons résumé dans le schéma 1 et dans le tableau 1 respectivement la méthode utilisée pour isoler les différentes souches et les principaux milieux utilisés.

Nous avons obtenu ces résultats. Le tableau II indique les principales espèces bactériennes présentés dans la flore. Certains genres n'ont pas fait l'objet d'un inventaire complet, bien qu'ils puissent survivre dans ces milieux, ils ne s'y développent pas. Il s'agit le plus souvent de bactéries originaires du sol, que l'on peut admettre comme faisant partie d'une flore banale car elles jouent un rôle mineur au cours de la fabrication.

Dans le tableau III nous avons souligné la fréquence des principales bactéries en fonction de la nature du prélèvement. Enfin nous avons indiqué dans le tableau IV les résultats obtenus par d'autres chercheurs.

(°) Station de Technologie des Produits Végétaux - I.N.R.A. - Antilles-Guyane, Domaine Duclos - 97170 PETIT-BOURG (Guadeloupe)

SCHEMA I - Schéma de traitement des échantillons pour l'isolement des bactéries

ECHANTILLON

- Observation microscopique préliminaire
- Dilutions
  - 3 tubes à 10^{-2} : A, B, C
  - 3 tubes à 10^{-3} : D, E, F

→ Tubes A et D
- examen microscopique
- coloration de Gram
- coloration des spores

→ Tubes B et E
- isolement des germes anaérobies sporulant après thermochoc

→ Tubes C et F
- germes totaux
- isolement des autres catégories de germes

Tableau 1 - Milieux utilisés pour isoler les différentes bactéries présentes dans les échantillons

Familles	Genres	Milieux
Streptococcaceae	Leuconostoc	Milieu leuconostoc à l'azide de Na
	Streptococcus	Milieux de Chalmers
	Pediococcus	Milieu gelosé basique au sucrose
Micrococcaceae	Staphylococcus	Milieu de Chapman
Peptococcaceae	Sarcina	Bouillon maltosé à pH 2,2
		Milieu modifié de Moret et Sozzi (1979)
Acetobacteriaceae	Acetobacter	Gélose à l'extrait de levure et au vert de bromocrésol et à l'éthanol 2 %.
Pseudomonadaceae	Pseudomonas	Plate count agar Difco
Enterobacteriaceae	Erwina-Serratia-Enterobacter - Escherichia	Milieu gélosé de Mac Conkey
Corynebacteriaceae	Arthrobacter	Plate count agar (Difco)
Lactobacillaceae	Lactobacillus	Sucrose agar - S1 Rogosa-MRS
Bacillaceae	Clostridium	Milieu clostridial renforcé ; Cooked meat Phytone Agar (B.B.L. USA)

Tableau II - Principales espèces bactériennes dans la flore des milieux fermentés utilisés dans la fabrication des rhums.

Familles	Genres	Espèces	Classification
Streptococcaceae	Leuconostac	Dextranicum	Bergey
		mesenteroïdes	" "
		Paramesenteroïdes	
		oenos	" "
	Streptococcus	-	-
	Pediococcus	cerevisiae	" "
Micrococcaceae	Staphylococcus	aureus	Bergey
Peptococcaceae	sarcina	flore du sol	"
Acetobacteriaceae	Acetobacter	suboxydans	Prévot
		mésoxydans	"
		oxydans	"
Pseudomonadaceae	Pseudomonas	Flore du sol	Bergey
Enterobacteriaceae	Erwinia	Flore banale	"
	Serratia	" "	"
	Entorobacter	" "	"
	Escherichia	" "	"
Corynebacteriaceae	Arthrobacter	Flore du sol	"

Tableau II (suite)

Familles	Genres	Espèces	Classification Bergey
Lactobacillaceae	Lactobacillus Hétérofermentatifs	Fructivorans	
		Hilgardii	"
		trichodes	"
		fermentum	"
		viridescens	"
	Lactobacillus Homofermentatifs	homohiochii	"
		salivarius salicinus	" "
		delrueckii leichmanaii	" "
Bacillaceae	Clostridium	butyricum	"
		propionicum	"
		acetobutylicum	"
		subterminale	"
		difficile	"
	Bacillus	subtilis - megaterium	"
	Sporosarcina		

Tableau III - Fréquence des principaux genres de bactéries dans les milieux fermentaires

Echantillon / Genre	Terre	Jus de canne	Sirop	Mélasse	Moût en fermentation	Moût en fin de fermentation
Lactobacillus homofermentatif	+	+	-	-	+ +	+
Lactobacillus hétérofermentatif	+ +	+	-	-	+ +	+
Leuconostoc	+	+	-	-	+	-
Micrococcus	+	+	-	-	+	-
Pediococcus	+	+	-	-	+	-
Arthyrobacter	+	+	-	-	-	-
Acetobacter	-	-	-	-	+	+
Serratia		+	-	-	-	-
Enterobacter	+	+	-	-	-	-
Escherichia	+	+	-	-	-	-
Erwinia	-	+ +	-	-	-	-
Staphylococcus	+	+	-	-	-	-
Sarcina	+	+	+	+	+	+ +
Clostridium	+ +	+	+	+	+ + +	+ +
Bacillus	+	+	+	+	+ +	+

(+) présents

(-) absents

Le nombre de signes + indique la fréquence.

Tableau IV - Tableau récapitulatif des recherches antérieures sur la flore des milieux fermentaires conduisant aux rhums.

Bactéries	Sol	Matières premières	Milieux fermentés	Références
Streptocoques		+		(12)
Streptobacilles		+		(12)
Bacillus butyricus			+	
" *amylobacter*			+	(10)
" *mesentericus*			+	(10)
" *herbicola aureum*		+	+	(14)
" *licheniformis*		+		(7)
" *brevis*		+		(7)
" *subtilis*		+		7,5
" *cereus*	+	+		17,7
" *sp*		+		(8)
Bacterium saccharalis		+		(15)
Bacterium		+		(8) ; 17 (cannes brûlées
Flavobacterium sp		+		(8)
Brevibacterium imperiale		+		(7)
Corynebacterium		+		(7) ; (8) ; 17 cannes brû.
microbacterium lacticum		+		(7)
Clostridium saccharolyticum	+	+		(16)
" *saccharobutyricum*			+	(9)
Propionibacterium technicum			+	(9)
Pseudomonas		+		(17)
Leuconostoc mesenteroïdes	+	+		(8) ; (7) ; (17) surtout sur cannes brûlées
" *dextranicum*	+	+		(8)
Lactobacillus		+		(8)
" *buchneri*		+		(5) ; (17) cannes brûlées
Aerobacter aerogenes	+	+		(8)
Xanthomonas		+		(17) cannes brûlées
Achromobacter		+		(8)
Alcaligenes		+		(8)
Streptomyces		+	+	(7) ; (17)
Micrococcus varians		+		(7)
" *luteus*		+		(7)
" *caseolyticus*		+		(7)
" *candidus*		+		(7)
Sarcina hanseni		+		(7)
" *flava*		+		(7)

Actuellement, on peut estimer que les principales bactéries intervenant dans la fabrication sont les suivantes : bactéries lactiques, clostridia et acetobacter.

les bactéries lactiques :

Ce sont des bactéries Gram (+) et asporogènes. Dans ce groupe on rencontre des bactéries coccidiomorphes : *Leuconostoc et pediococcus*, et des bactéries bacillomorphes ; les *Lactobacillaceae*.

Les Leuconostoc peuvent provoquer de graves accidents de fermentation en sucrerie, ils se développent lorsque les cannes sont broyées plusieurs jours après la récolte. En distillerie les jus même non fermentés présentent un taux d'acide volatil quelquefois supérieur à 5 meq/l dans des jus contenant environ 80 g/l de sucres réducteurs.

Généralement on considère que ce sont les lactobacillus hétérofermentatifs qui sont présents dans les milieux fermentaires. Nous avons aussi rencontré quelques rares homofermentatifs. Pour plusieurs boissons fermentées certaines espèces de bactéries lactiques peuvent être après dégradation des dérivés du glycérol, à l'origine de la présence de l'acroléine dans les milieux fermentaires. Il faut noter que les bactéries lactiques - à l'exception de *Lactobacillus casei* - n'utilisent pas le glycérol et que l'apparition d'une liaison éthylénique peut avoir d'autres causes, notamment l'action de la riboflavine qui est un transporteur d'hydrogène. Nous poursuivons actuellement au laboratoire des travaux afin de déterminer les voies de formation de l'acroléine.

les Clostridia :

Ils appartiennent au groupe des bactéries endospores : les *bacillaceae* ; on y distingue :

a) une flore aérobie ou anaérobie constituée de Bacillus sporulant en aérobiose et habituellement catalase (+)

b) une flore plus importante : les Clostridia anaérobie, ou anaéroaérobie facultatifs, sporulant en anaérobiose et généralement catalase (-).

Dans la classification de BERGEY, il y a 3 groupes d'espèces selon le pouvoir d'hydrolyse de la gélatine et aussi selon la position de la spore dans la cellule bactérienne.

Les Clostridia du groupe butyrique ou acétobulylique sont présents dans les milieux fermentaires conduisant aux rhums du type grand arôme. L'agent principal de la fermentation est *Schizosaccharomyces pombe*. L'activité des clostridia se traduit par une réduction complémentaire du taux en alcools supérieurs et un accroissement très net de l'acidité volatile et de la teneur en acétate d'éthyle. Ils peuvent être aussi responsables de la concentration en butyrate d'éthyle.

les Acétobacter :

Ce sont des bactéries asporogènes Gram (+) qui oxydent l'éthanol en acide acétique. Il est à noter la variabilité de la coloration Gram suivant l'âge de la culture. Les Acétobacter peuvent présenter des formes involutives ; courbes, filamenteuses, sphériques, allongées ou en forme de raquettes.

Dans cette première partie, nous avons fait le point de différents travaux menés sur l'inventaire des bactéries. A l'échelle industrielle il faut en tirer certaines conséquences.

De nombreuses bactéries ont une activité acidifiante dans les milieux fermentaires. Elle se traduit par l'augmentation de la durée de la fermentation, une utilisation incomplète des sucres et une élévation des teneurs en acide acétique et en acétaldéhyde dans les rhums. Ce sont là de graves inconvénients dans la fabrication des rhums. Des accidents plus importants conduisent à la formation d'acroléine.

Les installations actuelles ne sont pas conçues pour un travail à l'abri d'une infection par les bactéries ; les jus ne sont pas stérilisés et on utilise des cuves ouvertes. Il faut donc prendre un certain nombre de précautions. L'aménagement des ateliers devra être réalisé de manière à permettre un nettoyage aisé des différents appareils. La qualité de la matière première doit être surveillée : broyage de cannes fraichement coupées, mélasses et sirops bien conservés. Un programme de contrôle des fabrications doit être institué ; l'analyse des rhums permet de noter les variations en acétaldéhyde et en acide acétique ; un contrôle microbiologique et biochimique des fermentations est nécessaire. Malgré tout, on peut être amené à modifier les techniques de fabrication. En effet, des travaux menés au laboratoire ont montré l'efficacité des antibiotiques comme la pénicilline. De plus, la poursuite des recherches sur les relations entre la présence de certaines bactéries dans les milieux fermentaires et celle de différents composés dans les rhums débouchera sur un meilleur classement avec d'un côté une flore de bactéries banales et une flore de bactéries dangereuses. Les fermentations et les autres opérations devront donc être conduites de manière à limiter la prolifération des bactéries dangereuses.

B - INVENTAIRES DE LA FLORE EN LEVURES

Le tableau V résume les résultats obtenus notamment par PARFAIT (1972) dans l'inventaire de la flore en levures. Deux genres jouent un rôle prédominant : les Saccharomyces avec l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* et les Schizosaccharomyces avec l'espèce *Schizosaccharomyces pombe*.

Les Saccharomyces

Les levures rhumières appartiennent à l'espèce *Saccharomyces cerevisiae*. Elles sont sélectionnées en fonction de plusieurs critères :

- efficacité fermentaire
- production de divers composés volatils
- taux de croissance.

Depuis quelques années deux nouvelles préoccupations sont apparues : la fermentation des moûts à concentration élevée en sucre (plus de 160 g/l) et l'aptitude à la floculation. Dans ces conditions à côté de *Saccharomyces cerevisiae*, des souches de *Saccharomyces carlsbergensis* présentent un réel intérêt.

Certaines levures de la flore ont un rôle néfaste notamment par l'acidification des moûts, c'est le cas de *Saccharomyces aceti*. Ces dernières années les industriels ont introduit les levures de boulangerie afin d'avoir un démarrage plus rapide des fermentations. Elles supplantent les autres espèces de levures. Ceci a des conséquences sur l'arôme du produit. On a montré en effet, que la levure joue un rôle essentiel dans la formation de cet arôme.

Tableau V - Inventaire de la flore en levures sur différents milieux lors de la fabrication des rhums.

Levures	Sol	Matières Première	Milieux fermentés	Références bibliographiques
Candida				
" *guilliermondü*		+		1
" *intermedia var. ethanophila*		+		1,2
" *kruseî*		+	+	1,2
" *mycoderma*		+		1
" *parapsilosis var. intermedia*		+		1
" *pseudotropicalis*		+		2
" *saccharum n. sp*		+		1
" *tropicalis*		+	+	1,2
Endomyces magnusîi		+		1
Hansenula anomala		+	+	1,2
" *minuta*			+	2
Klockera apiculata		+		1
Saccharomyces aceti		+	+	2
" *acidifaciens*		+		1
" *carlsbergensis*		+	+	5,2
" " *var. alcohophila n. var.*		+	+	1
" *cerevisiae*		+	+	1,2,4,6,7,5,14
" *chevalieri*		+	+	1,2
" *delbruecki*			+	2
" *marxianus*				1
" *microellipsoïdes*			+	1,2
" *rosei*		+		1
" *rouxii*			+	2
Saccharomyces ludwigî		+		1
Schizosaccharomyces pombe			+	1,2,13,9,12,5,14
" *mellacei*		+	+	3,12
Torulopsis candida		+		2
" *glabatica*		+	+	2
" *glabrata*		+		1
" *globosa*		+	+	2
" *saccharum n. sp.*		+		1
stellata		+	+	1,2
var. cambresieri		+		1
Rhodotorula	+	+		7,4
Pichia membranaefaciens		+	+	1,2,4
" *fermentans*		+		1
Debaromyces		+	+	7
Zygosaccharomyces mussbaumeri		+		14
" *major*		+		14

Les Schizosaccharomyces

Ce sont des levures dont le taux de croissance est plus faible que les *Saccharomyces*. Elles sont encore abondantes dans les milieux fermentaires en Haïti, elles ont pratiquement disparu aux Antilles françaises sauf dans les installations conduisant au rhum grand arôme.

Ces levures produisent peu d'alcools supérieurs ; leur introduction dans les milieux fermentaires peut donc présenter un réel intérêt. Nous avons montré dans des essais au laboratoire et à l'échelle pilote que dans le cas d'ensemencement massif des moûts, il est possible d'obtenir des cycles de fermentation en moins de 30 heures même sur des moûts contenant plus de 160 g/l en sucres réducteurs.

Sur le plan industriel le progrès dans la technologie des rhums passe par l'introduction de levures sélectionnées dans les milieux fermentaires. Ceci peut être réalisé soit par l'utilisation de crème, soit par celle de levure séchée fabriquée dans de bonnes conditions à partir des souches disponibles dans les collections des laboratoires.

CONCLUSION

L'examen de tous ces travaux permet de dégager un certain nombre de remarques. En comparaison avec d'autres boissons fermentées et d'autres eaux-de-vie, les études microbiologiques sur les rhums sont peu nombreuses. Elles représentent le plus souvent des inventaires qu'il est parfois difficile d'utiliser, car ils sont anciens et font peu appel à la systématique moderne. Dans le domaine des levures, le choix entre *Schizosaccharomyces pombe* et *Saccharomyces cerevisiae* s'est fait sur des considérations techniques : facilité pour faire démarrer la fermentation, maintien des souches dans les milieux fermentaires. Dans le domaine des bactéries, la relation a été rarement établie entre la présence des germes et celle de certains constituants dans les rhums. Afin d'éviter les accidents de fermentation, le travail en culture pure a été préconisé au milieu du siècle. Depuis, il y a eu des progrès notables dans la connaissance de l'arôme des boissons alcoolisées. Dans ces conditions, des études complémentaires sur la microbiologie et la biochimie des rhums peuvent déboucher sur des techniques de fabrication mieux adaptées aux exigences actuelles.

BIBLIOGRAPHIE

I - EL TABEY - SHEHATA. - Yeast isolated from sugar cane and its juice during the production of Aguardiente de caña. J. Applied. Microbiology, 8, 2, 1960.

2 - SABIN et PARFAIT. - Fermentations traditionnelles de mélasse et de jus de cannes aux Antilles Françaises. Industries alimentaires agricoles n° 1, Janv. 1975, 1972.

3 - P.H. GREG. - The Jamaïca yeast. Bul. Bot. Dept. Jamaïca, 11, 157-160, 1895.

4 - HUTCHINSON et RAMAYYAR. - In Agricultural Research Institute of Pusa. Bull. 163, Ref. in cane Sugar Hand Book 10th edition, 1977, ch. 17, p. 405, 1925.

5 - ROSE (D.). - Yeasts for molasses alcohol. Process bioch. march 1976, 10-12, 1976.

6 - MEJANE (I.). - Compte-rendu d'une mission aux Antilles Françaises, 1969.

7 - LABORATOIRES SUCRIERS DE CUBA. - Aporte al estudio microbiologico de los jugos de cañas de azucar cubanas. Conferencia anual de la asociacion de Tecnicos azanos de Cuba, vol. 38, 1968.

8 - AUTHIER MAYEUX. - Some studies on the microbial flora of Sugar Cane Thesis submitted to Louisiana state University, 1960.

9 - ARROYO. - Some studies on rum. Research Bulletin n° 5, déc. 1945. Univ, of. Puerto-Rico - Agric. Experiment station, 1945.

10 - ALLAN CH. - Manufacture of Jamaïca rum in west Indien Bulletin, vol. VII, n° 2, Ref. in Le rhum, sa fabrication et sa chimie par J.G.A. Guillaume, 1939.

11 - PAIRAULT M.E.A.- Le rhum et sa fabrication - Paris Ref. dans Le rhum, sa fabrication, sa chimie de J G.A. Guillaume, 1939.

12 - KAYSER (E.). - Contribution à l'étude des ferments et de la fermentation du rhum. Annales de la Science Agronomique franc. et étrang. 1917, p. 159-195, 1916-1917.

13 - MAC - FARLANE. - Communication personnelle, 1947.

14 - HALL (H.H.). - Microorganisms causing fermentation flavors in cane sirups especially Barbados "molasses". Ref. in journal of Bacteriology, vol. 33, n° 6, 1935, p. 577-585, 1935.

15 - OWEN. - J. Bacteriolog. I, 235-237, Ref. In Cane Sugar Handbook 10th edition 1977, ch. 17, p. 405, 1916.

16 - KUHR. - Ref. in Cane Sugar handbook 1924, 10th edition 1977, ch. 17, p. 405, 1924.

17 - BEVAN et BOND. - Ref. in Cane Sugar Handbook, 10th edition, 1977, chapter 17, p. 407, Queensland Society of Sugar Cane Technologists, 1971, p. 138, 1971.

RESUME

Un inventaire de la flore en bactéries et en levures des milieux fermentaires conduisant au rhum a été fait en Martinique, Guadeloupe et Haïti. Ces travaux sont comparés avec ceux menés par d'autres équipes de chercheurs. Les résultats obtenus permettent d'améliorer la fabrication industrielle des rhums. Des études complémentaires sont nécessaires sur le plan microbiologique et sur le plan biochimique.

SUMMARY

MICROBIAL INVENTORY OF THE FERMENTATION
MASS IN RUM INDUSTRY

Identifications of bacteria and yeasts in rum fermentation are made in Martinique, Guadeloupe and Haïti. Comparison with former results is noted. Improvement in rum technology can come from those works. Nevertheless further studies are useful on microbiology and biochemistry.

RESUMEN

INVENTARIO MICROBIANO DE LAS FERMENTACIONES
EN LA INDUSTRIA DEL RON

Un inventario de las bacterias y levaduras en la fermentación del ron fue realizado en Martinica, Guadalupe y Haïti. Esos trabajos son comparados con otros datos. Los resultados permiten el mejoramiento de la fabricación industrial de rones. Estudios complementarios son necesarios en microbiología y bioquímica.

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 275-282, 1978.

POSSIBILITES D'AQUACULTURE AUX ANTILLES ET EN GUYANE

Y. THEREZIEN (°) - P. PLANQUETTE (°)

I - BREF HISTORIQUE DE L'AQUACULTURE DANS LE MONDE

Les techniques de l'aquaculture remontent certainement à la plus haute antiquité.

Il semble qu'elles aient vu le jour en Chine, notamment pour l'élevage de la carpe.

De Chine Continentale, ces techniques se sont répandues très tôt aussi bien vers les régions du Sud Est Asiatique que vers le moyen Orient et l'Europe.

Dans cette dernière partie du monde de nombreuses chroniques relatent l'élevage de la Carpe depuis le moyen âge. Beaucoup plus récemment, c'est la pisciculture des Salmonidés qui s'y est développée.

Actuellement, l'Extrême Orient exerce encore un puissant rayonnement vis-à-vis du reste du monde en manière d'aquaculture et on peut citer en particulier des pays comme le Japon qui reste un innovateur dans ces domaines sans oublier des pays comme Taïwan, les Philippines, l'Indonésie, la Malaisie et bien entendu la Chine.

En Afrique nous n'avons que très peu de données concernant le passé mais on peut tout de même signaler que dans différents pays du continent un grand effort a été consacré depuis la fin de la 2e guerre mondiale pour élever diverses espèces de poissons afin de fournir des protéïnes animales à des populations qui en étaient généralement assez dépourvues.

Le poisson qui y a fait l'objet du plus grand nombre d'essais est certainement le *Tilapia* de la famille des Cichlidés dont il existe un grand nombre d'espèces en Afrique. *Tilapia mossambica*, introduit en Guadeloupe, en est originaire.

D'autres espèces ont été essayées plus récemment. Citons : *Heterotis niloticus*, *Clarias lazera*, *Aucheloglanis occidentalis*, etc.

En Amérique, l'aquaculture est aussi une activité récente et aux U.S.A. en particulier ce n'est qu'à partir de 1934, sous l'impulsion de H.S. SWINGLE, qu'un gigantesque effort de construction et d'aménagement d'étangs a été entrepris surtout dans les états du Sud et en particulier en Alabama.

En dehors de l'élevage des Salmonidés qui a pris une très grande extension sur l'ensemble du continent Nord Américain, citons ceux d'espèces comme *Lepomis macrochirus* (Blue gill) élevé comme "poisson fourrage" dans les piscicultures de *Micropterus salmoides* (Black bass à grande bouche) et ceux *d'Ictalurus spp*.

En Amérique Centrale et en Amérique du Sud, l'aquaculture en est encore, semble-t-il, à ses débuts.

Compte-rendu de la richesse faunistique du continent sud américain de nombreux essais ont été tentés avec beaucoup d'espèces parmi lesquelles nous citerons :

(°) Laboratoire d'Hydrobiologie - I.N.R.A. - Antilles-Guyane, Domaine Duclos
97170 PETIT-BOURG (Guadeloupe)

Odentesthes bonariensis	Atherinidé (Peix-rey)
Arapaima gigas	Arapaimidé (Pirarucu
Prochilodus spp	Anostomidé (Curimbata)
Centropomus undecimalis	Centropomidé (Camurin)

Assez récemment des Etats comme le Brésil ont également introduit le *Tilapia* et entrepris de le cultiver.

Selon un catalogue de la F.A.O. publié en 1974 plus de 300 espèces de poissons ont fait l'objet de tentatives d'élevage dans les différentes parties du monde et pour être complet il faudrait y ajouter les plantes, les éponges, les crustacés, les mollusques, les amphibiens, les reptiles dont la production représente déjà un poids économique considérable.

L'avenir semble être propice à toutes ces techniques d'élevage car, ne l'oublions pas, la pêche océanique qui, jusqu'à ces toutes dernières années, était le grand pourvoyeur de produits aquatiques, a plafonné aux alentours de 70 millions de tonnes de poissons vers les années 1972-73 sans grand espoir d'aller vers une notable augmentation des captures.

II - L'AQUACULTURE AUX PETITES ANTILLES ET EN GUYANE

Compte tenu du caractère insulaire de la Guadeloupe et de la Martinique il n'y a jamais eu, semble-t-il, de tentative d'élevage d'animaux ni de plantes du milieu aquatique dans ces deux départements.

Les populations, comme c'était bien naturel dans des pays où la mer est toujours très proche, se sont surtout intéressées à la pêche et à la capture de poissons, crustacés, mollusques, par des moyens classiques.

En Guyane où le réseau des eaux intérieures est très développé, il semble bien que ce soit surtout la faiblesse numérique de la population qui ait fait que les techniques d'élevage aquacole ne s'y soient jamais développées et nous ne citerons que pour mémoire une tentative malheureuse d'élevage de crevettes Pénaeides dans la savane de Sarcelle près de Mana.

Depuis 2 ans cependant une expérience intéressante s'est montée en Martinique avec l'élevage d'une crevette : *Macrobrachium rosenbergii*.

Cette espèce appartient à la famille des Palaemonidés et elle est très proche de nos crevettes locales connues sous le nom de "Ouassou", "Z'habitants", "Grands bras", "Alexis", "Queue rouge" etc.

Originaire de l'extrême Orient et plus particulièrement de Thaïlande et de Malaisie, cette espèce a fait l'objet de nombreux travaux de recherches depuis ceux de S.W. LING vers les années 1955-60 en Malaisie et ceux de FUJIMURA et OKAMOTO en 1965 aux Iles Hawaï.

Ces derniers auteurs ont été les premiers à mettre en oeuvre une méthode d'élevage en masse à but commercial et actuellement des fermes de production existent notamment aux Iles Hawaï, à Porto Rico et des tentatives sont faites pour produire en grand cette crevette d'eau douce dans d'autres pays tropicaux : Ile Maurice, Belize, Hong Kong, Singapour, Indonésie, Malaisie, Philippines etc.

En Martinique la méthode d'élevage utilisée est celle connue sous le nom d'élevage en eau verte qui est celle qui a été mise au point à Hawaï par l'équipe FUJIMURA. Nous verrons plus loin qu'il existe une méthode plus élaborée sur laquelle a travaillé le CNEXO dans son Centre du Pacifique à Tahiti.

L'écloserie est située au lieu dit "La galère" à la sortie nord de St-Pierre.

Elle comporte essentiellement un bâtiment abritant des bacs en ciment, des bacs extérieurs, un pompage d'eau de mer, un puits d'eau douce.

L'ensemble des installations a été financé sur crédits départementaux et d'après ce que nous croyons savoir l'investissement aurait été de l'ordre de 1.500.000F

Compte tenu d'un fonctionnement sur 2 ans avant toute récolte, une mise de fonds de l'ordre de 2.500.000 a été prévue et ensuite l'établissement devrait fonctionner en s'autofinançant sur ses propres ressources.

Du point de vue du personnel, l'écloserie fonctionne sous la direction(*) d'un ingénieur de nationalité anglaise, M. JENSON qui a été formé aux îles Hawaï. Il est assisté par deux techniciens.

Début 1978 les installations permettaient de produire chaque mois 100 000 post larves aptes ensuite à subir un stade de prégrossissement puis enfin un grossissement en étang pour en faire des adultes consommables.

Il était alors prévu que pour des raisons de rentabilité on puisse aller jusqu'à une production mensuelle de 1.000.000 de post larves.

L'élevage lui-même comporte les phases suivantes : les géniteurs (obtenus en Martinique à partir d'animaux importés des îles Hawaï en 1976) sont gardés dans de grands bacs en ciment où l'on a immergé des grilles en matière plastique de telle sorte que les crevettes adultes puissent s'y maintenir accrochées tout en étant au repos.

Pour assurer la reproduction on met un mâle et une femelle dans un bac de 60 litres.

Avant l'accouplement on observe toujours une mue prénuptiale de la femelle. Durant la mue, la femelle est protégée du cannibalisme dont pourrait faire preuve le mâle vis-à-vis d'elle. Ceci est sans doute dû à l'émission de phéromones inhibitrices par la femelle.

La ponte intervient entre 3 et 4 jours après l'accouplement et a lieu de nuit, souvent en deux fois.

Les oeufs sont conservés par la femelle dans une cavité située sous l'abdomen et durant toute l'incubation qui dure environ 15 jours, ils sont constamment oxygénés par agitation des pléopodes.

De couleur orangée au début de la période d'incubation les oeufs passent à une couleur gris vert peu avant l'éclosion.

Avec de jeunes sujets de quelques mois on peut obtenir une ponte par mois permettant d'obtenir environ 3 000 oeufs mais il est préférable d'utiliser des femelles plus grosses, âgées de 2 à 3 ans qui ne pondent que tous les 1 mois et demi à deux mois mais produisent alors de 8000 à 10 000 oeufs par ponte.

On s'arrange pour que l'éclosion se fasse dans de petits bacs en polystyrène dans une eau à 5-6‰ de salinité.

(*) M. JENSON a quitté la Martinique vers les mois d'Avril - Mai 1978.

Dès le 1er stade, les larves sont transvasées à raison de 10 000 par m^3 dans de grands bacs en ciment peint d'une contenance de 3 m^3 qui sont abrités dans le bâtiment principal.

Dans ces bacs la température de l'eau doit rester bien constante à 28-29°. Par contre la salinité peut varier entre 15 et 20 ‰.

L'eau y est constamment oxygénée par des aérateurs. La vidange des bassins est effectuée très régulièrement, chaque jour quand on le peut, sinon tous les deux jours. Il faut en effet éviter que le taux d'ammoniac dissous ne dépasse pas 1,6 ppm.

Les vidanges se font sans dommage pour les toutes jeunes larves car les évacuations sont garnies d'un tamis très fin de grande surface et le niveau d'eau est automatiquement réglé par un système de surverse.

L'eau contenue dans les bacs est verte car riche en algues planctoniques. On obtient cette couleur en ensemençant l'eau à partir d'une culture d'algues produite dans des bacs extérieurs, bien ensoleillés, où vivent des *Tilapia* qui enrichissent le milieu de leurs déjections. Dans ces bacs extérieurs, la salinité est environ de 12 à 15 ‰.

L'intérêt des algues viendrait du fait qu'elles permettraient de faire diminuer le taux d'ammoniac dissous, qu'elles emettraient dans le milieu des substances antibiotiques contrôlant les populations bactériennes et notamment les organismes pathogènes et qu'enfin elles serviraient de nourriture aux nauplii d'*Artemia salina* qui constituent le principal aliment des larves de *Macrobrachium*.

Néanmoins, la critique que l'on fait à cette méthode est que ce milieu "eau verte" reste très complexe, mal connu et donc mal contrôlé.

Après l'éclosion les larves restent à jeun pendant deux jours et ce n'est qu'à leur 3e jour qu'elles commencent à recevoir de la nourriture. Cette nourriture est à base de nauplii d'*Artemia* produits en élevage annexe dans une batterie de 5 bacs cylindroconiques de 150 litres chacun où l'on met 300 g d'oeufs d'*Artemia* soit 2g/litre auxquels on ajoute 30 cm^3 de poudre de spiruline. L'éclosion complète des oeufs se fait selon un cycle de 6 jours.

La nourriture est distribuée aux larves de *Macrobrachium* à raison de 3 à 4 repas par jour ce qui, pour l'ensemble de l'écloserie, représente l'utilisation de la production totale d'un bac de 150 litres chaque jour.

Les nauplii d'*Artemia* constituent la nourriture de choix pour les *Macrobrachium* qui ont absolument besoin de proies vivantes pour se développer.

Au bout d'un certains temps on peut ajouter de la chair de thon cuite à 50-60° pendant quelques minutes puis divisée en fines particules où même des aliments composés (type Purina pour poulets) dont la plupart en sont encore au stade de l'expérimentation.

Selon M. JENSON, ces compléments permettraient d'économiser une grande quantité d'oeufs d'*Artemia* dont l'approvisionnement pose de grands problèmes et qui dans beaucoup de cas, surtout depuis quelques années, ne donnent que de faibles taux d'éclosion.

De toute façons, à l'écloserie de St Pierre en Martinique, on continue à distribuer des nauplii d'*Artemia* aux *Macrobrachium* jusqu'à la fin des stades larvaires.

Pour des raisons sanitaires, il est à noter qu'il faut soigneusement enlever les coques vides d'oeufs d'*Artemia* qui pourraient flotter à la surface de l'eau

des bacs où sont élevées les larves de *Macrobrachium*. En effet ces coques très dures peuvent constituer autant de points de développement bactérien.

L'élevage larvaire pendant lequel les jeunes *Macrobrachium* passent par environ 12 stades différents dure environ 30 à 35 jours.

On estime que durant cette période le taux de survie est d'environ 50 % et qu'à la fin il reste donc environ 5000 larves par m^3 dans les bacs d'élevage .

Dans les conditions actuelles, chaque postlarve obtenue par métamorphose du dernier stade larvaire reviendrait à 22 centimes alors qu'il faudrait pouvoir descendre à 12 centimes pour travailler dans d'excellentes conditions de rentabilité.

Une fois le stade postlarvaire atteint, les *Macrobrachium* peuvent entrer dans ce qu'on appelle la phase de grossissement qui se fait en étangs de terre où la température optimum doit être de l'ordre de 27 à 29° avec un taux de salinité de 0 à 2 ou 3‰.

La mise en charge de ces étangs est de l'ordre de 150.000 post larves de 30-35 jours par hectare.

La durée de l'élevage peut être envisagée sur 8 mois mais les tailles commercialisables varient d'un pays à l'autre et la longueur de la période d'élevage en dépend.

Aux U.S.A. on préfère de la crevette de 40 g. A Tahiti le CNEXO s'est orienté vers de la crevette de 14 g.

Au bout de 8 mois on peut compter sur une survie de l'ordre de 50 % soit 75 000 crevettes à l'ha.

Les aliments composés utilisés ont généralement un coefficient de conversion de 3.

Si l'élevage est bien conduit on peut compter sur des productions de l'ordre de 2,5 tonnes par ha et par campagne de 8 à 12 mois.

D'un point de vue économique le produit pourrait se vendre de 80 à 100 F le kg. Ce sont les prix actuellement pratiqués sur le marché guadeloupéen pour de la marchandise congelée en provenance de Porto Rico mais la rentabilité de l'élevage dépendra évidemment des coûts d'investissement et de fonctionnement.

Par investissement, nous entendons les coûts de l'aménagement des étangs et pour le fonctionnement il faut retenir les postes suivants : amortissement, achat de postlarves, alimentation, main d'oeuvre et frais divers d'exploitation.

L'évaluation de ces différents postes pourra être très variable selon différents facteurs et naturellement le prix de revient de la postlarve en écloserie interviendra beaucoup. Actuellement il nous semble être encore beaucoup trop élevé comme nous l'avons déjà indiqué.

La phase de grossissement vient à peine de démarrer en Martinique où nous avons vu les premiers étangs souvent assez mal aménagés, début 1978.

La visite de ces étangs nous a fait émettre quelques craintes quant aux récoltes attendues et d'après le peu que nous en savons il ne semble pas que ces craintes aient été totalement injustifiées.

Il est bien certain que pour que l'expérience aboutisse à un résultat heureux il faudrait un suivi de plusieurs années pour la conduite de ces élevages en étangs et nous pensons que l'INRA pourrait y contribuer.

Les responsables de l'écloserie ont montré que celle-ci pouvait très bien fonctionner et que pour des raisons de rentabilité elle pouvait et devrait même augmenter sa production de postlarves. Le problème est donc maintenant de convaincre les éleveurs privés que l'élevage des crevettes d'eau douce est une spéculation rentable à condition que les déboires dus à l'inexpérience de départ soient évités.

A côté de la méthode dite des eaux vertes et qui est en fait une méthode d'élevage semi intensif on a mis au point des techniques permettant de réaliser un élevage intensif en milieu totalement contrôlé.

C'est sur ces méthodes d'élevage intensif qu'a travaillé l'équipe du CNEXO à Tahiti.

A leur propos disons simplement qu'elles permettent d'élever 60 larves au litre (au lieu de 10 à St Pierre) et que les juvéniles de 6 à 8 mg et mesurant 12 mm de long passent par une phase de prégrossissement dans de petits étangs avant le grossissement proprement dit.

III - PERSPECTIVES D'ELEVAGE AUX ANTILLES FRANCAISES ET EN GUYANE

a) Les crustacés

Si nous nous sommes étendus sur l'élevage de *Macrobrachium rosenbergii* en Martinique c'est qu'il s'agit là maintenant d'un animal classique en aquaculture auquel ont été consacrées de multiples études depuis une vingtaine d'années, et l'on peut dire que plus de 90 % de la bibliographie consacrée à l'élevage de crevettes d'eau douce, l'est en fait à cette espèce.

Elle présente d'ailleurs de notables avantages sur les espèces voisines : elle est peu agressive.

Elle est d'un tempérament sédentaire et ne cherche pas à quitter les bacs d'élevage enfin elle présente un rapport $\frac{\text{volume du céphalothorax}}{\text{valeur de l'abdomen}}$ qui lui est favorable.

Ce n'est pas pour autant qu'il faut négliger les autres espèces de *Macrobrachium* d'autant plus qu'aux Antilles 5 espèces sont représentées :

Macrobrachium carcinus (Ouassou)
Macrobrachium acanthurus
Macrobrachium heterochirus (Grands bras)
Macrobrachium crenulatum (Queue rouge)
Macrobrachium faustinum (Alexis)

Deux au moins de ces espèces nous paraissent intéressantes :

Macrobrachium carcinus qui peut atteindre de grandes tailles et est très appréciée des consommateurs.

Macrobrachium acanthurus qui atteint des tailles importantes et qui semble avoir une croissance rapide tout en acceptant de vivre dans des milieux pollués.

Les autres espèces n'atteignent généralement que de petites tailles.

Divers laboratoires répartis depuis les U.S.A. jusqu'au Brésil ont entrepris des élevages expérimentaux des 2 espèces citées ci-dessus. Des cycles complets ont été obtenus mais il ne semble pas encore que ces divers essais aient débouché sur des élevages de type commercial.

Aux Antilles nous avons également abordé le problème depuis 1976 et surtout depuis 1977.

Des éclosions et des larves des tous premiers stades ont été obtenues avec la plupart des espèces étudiées.

En 1977 il nous a semblé que nos échecs dans la poursuite des élevages larvaires ont eu leur cause dans le manque d'une nourriture adéquate car les oeufs d'*Artemia* que nous possedions avaient un taux d'éclosion quasiment nul.

En 1978 nous avons pu nous procurer des oeufs d'*Artemia* de qualité et nous espérons que nous arriverons maintenant à obtenir des cycles complets avec *Macrobrachium carcinus* et *Macrobrachium acanthurus* mais, pour le moment, il ne faut pas se cacher les grandes difficultés qui nous attendent car si l'on s'en refère aux auteurs américains qui ont travaillé sur ces espèces les taux de survie obtenus pendant la période larvaire ont toujours été très bas par rapport à ceux connus chez *Macrobrachium rosenbergii*.

A côté des élevages larvaires nous avons également entrepris récemment des expériences de grossissement d'adultes en relation avec le service d'Agronomie dans des bassins situés sur la station de Vieux-Habitants.

b) Les poissons

En ce qui concerne l'élevage des poissons nous en sommes encore à un stade de prospective.

Aux petites Antilles, nous savons déjà que nous avons affaire à une faune d'eau douce très pauvre et à une faune littorale assez mal connue.

Cependant une espèce pourrait être intéressante à élever. Il s'agit de l'anguille *Anguilla rostrata* dont il existe des stocks assez importants, en particulier en Guadeloupe où ce poisson est très fréquent en estuaires et en mangrove.

Il y a une demande mondiale d'anguilles et certains pays d'Europe (Allemagne, Hollande, Belgique) ainsi que le Japon en sont de très gros consommateurs.

L'offre n'étant pas suffisante, certains pays se sont déjà lancés dans l'élevage de cette espèce et c'est le cas du Japon.

En tout état de cause, un véritable élevage ne pourra démarrer que lorsque nous aurons une meilleure connaissance de la biologie de l'espèce dans la région caraïbe. En particulier il serait nécessaire de pouvoir préciser à quelle époque et en quelles quantités remontent les civelles.

Il y a toutefois un facteur favorable qui intervient en milieu tropical par rapport aux pays tempérés. En effet dans les régions chaudes du globe, l'anguille peut s'alimenter et croître toute l'année alors qu'en pays tempéré elle cesse de s'alimenter pendant l'hiver.

Un autre poisson qui nous semble être intéressant c'est le mulet d'eau douce : *Agonostomus monticola*.

Ce poisson est abondant dans nos cours d'eau. Il peut atteindre des tailles et des poids non négligeables (de l'ordre de 300 g).

Nous savons que c'est une espèce estimée des populations et les chercheurs de la station d'hydrobiologie ont pensé qu'on devrait lui accorder une attention toute particulière.

Il y a aussi le cas de *Tilapia mossambica*, espèce introduite d'Afrique et bien implantée aux Antilles depuis une vingtaine d'années. On trouve ce poisson dans presque tous les plans d'eau calme et il est particulièrement abondant en mangrove. Cette espèce fait d'ailleurs preuve d'une grande tolérance vis-à-vis du taux de salinité.

Tilapia mossambica montre une grande prolificité et pour éviter des phénomènes de nanisme dus à une compétition très forte entre les individus il y aurait lieu d'essayer des élevages combinés avec un prédateur. Parmi ces derniers on peut citer *Philypnus dormitor*, *Centroponus undecimalis*.

Bien entendu la liste des poissons que nous venons de citer n'est pas limitative d'autant plus que les eaux littorales abritent une faune ichthyologique riche en espèces qui sont peut être intéressantes mais qu'il faudra bien connaître avant d'en tenter l'élevage ; citons parmi ces espèces : les carangues, certains sparidés, des mulets etc.

En Guyane le problème des élevages reste encore, si l'on peut dire, plus entier car si la richesse faunistique de ce département n'est plus à démontrer il s'en faut de beaucoup encore pour qu'on connaisse les possibilités du milieu (eaux acides sur terrains précambriens) et celles des espèces sur la presque totalité desquelles on ne possède aucun renseignement d'ordre biologique ou écologique. Notons cependant l'intérêt probable des eaux saumâtres riches en limon où vivent de gros poissons tels que machoirans (Bagridés). Dans ce département tout spécialement, un très gros travail préliminaire reste à faire tant sur le plan de la connaissance des espèces que sur celui du choix des sites avant de se lancer dans les activités d'aquaculture.

RESUME

Un bref historique de l'aquaculture souligne la nouveauté de cette activité dans le monde néo-tropical.

Les premiers développements de l'élevage de *Macrobrachium rosenbergii* aux Antilles et en Guyane Françaises sont décrits.

Parmi les espèces locales de crustacées, seul *M. acanthurus* semble susceptible d'assurer un élevage économique rentable.

Des différents essais, il apparaît que, dans le contexte local, aucun poisson d'eau douce ni *Agostonomus monticola* (mulet d'eau douce) ni *Philypnus dormitor* ni *Anguilla rostrata* n'offre d'intérêt évident pour l'aquaculture.

La riche ichthyofaune guyanaise fort peu étudiée semble plus prometteuse.

SUMMARY

AQUACULTURE POSSIBILITIES IN THE FRENCH WEST AND GUIANA

A short historical account of aquaculture underlines the newness of this activity in the neo-tropical world.

The first developments of the *Macrobrachium rosenbergii* husbandry in the French Antilles and Guiana are described.

Beetween the native species of Crustaceae, only *M. acanthurus* seems to be able to be reared with economic profitability.

From the various experiments, it appears that, in the local context, any freshwater fish neither *Agostonomus monticola* nor *Philypnus dormitor* nor *Anguilla rostrata* offers and obvious interest for aquaculture.

The rich but very little studied fish fauna of French Guiana seems more promising.

As this paper was written two years ago, a complementary note gives the last information about aquaculture in French Antilles and Guiana.

Macrobrachium rosenbergii husbandry is developing, so as the fattening ponds. In French Guiana, sampling fishings and provisional identification keys have been undertaken. The biological studies have to begin during the last quarter of 1980.

RESUMEN

POSIBILIDADES DE AQUACULTURA EN LAS ANTILLAS Y GUIANA FRANCESAS

Una breve presentación histórica de la aquacultura subraya la novedad de esta actividad en el mundo neotropical.

Los primeros desarollos de la crianza de *Macrobrachium rosenbergii* en las Antillas y Guiana Francesas son descritos.

Entre las especies locales de Crustaceas, sola *M. acanthurus* parece capaz de proporcionar una crianza economicamente provechosa.

De los diferentes experimentos, aparece que, en el contexto local, ningun pez, ni *Agostonomus monticola* ni *Philypnus dormitor* ni *Anguilla rostrata* ofrece un interès evidente para la aquacultura.

La rica pero muy poco estudiada fauna guianesa de peces parece mas prometedora.

Pues este papel fue escrito hace dos años, una nota complementaria da las ultimas informaciones sobre la aquacultura en las Antillas y Guiana Francesas.

La crianza de *Macrobrachium rosenbergii* esta desarollandose, asi como los estanques de engordamiento.

En Guiana Francesa, pescas de muestras y claves de identificación provisionales han sido iniciadas. Los estudios biológicos empezaran en el ultimo trimestre de 1980.

NOTE COMPLEMENTAIRE

Il apparaît nécessaire d'apporter certains compléments à cet article rédigé il y a deux ans. On distinguera successivement Crustacées et Poissons.

Les Crustacées :

L'élevage de *Macrobrachium rosenbergii* se développe peu à peu.
La production de post-larves entreprise en Martinique, initialement par la méthode dite "en eaux vertes" doit être améliorée par l'adjonction d'une écloserie "en eaux claires".

L'implantation des étangs de grossissement qui avait débuté en Martinique s'est faite en Guyane en fin 1979 et a commencé en Guadeloupe en ce deuxième semestre 1980.

Au laboratoire, les développements complets de *M. carcinus* et *M. acanthurus* ont été obtenus. Lors d'essais de grossissement en étangs, les croissances individuelles de ces deux espèces sont très comparables à celles observées pour *M. rosenbergii*. Toutefois, *M. carcinus* se révèle très agressif et seul *M. acanthurus* permet de réaliser des élevages à haute densité compatible avec une bonne rentabilité.

Les poissons :

En Guadeloupe, l'impossibilité de se procurer de jeunes Anguilles en quantité suffisante dans le milieu naturel n'a pas permis de réaliser d'essais de grossissement pour cette espèce.

Quant aux Mulets d'eau douce, *Agostonomus monticola* et *A. percoïdes*, leur croissance en captivité s'est révélée décevante. Par ailleurs, seul le Dormeur *Philypnus dormitor* et les *Centroponus spp.* se sont révélés des prédateurs utilisables pour le contrôle du surpeuplement de *Tilapia mossambica*.

En Guyane, les premières pêches d'échantillonnage ont permis d'établir des clefs provisoires d'identification des principales espèces dont l'étude biologique doit commencer dans le courant du dernier trimestre 1980.

(Septembre 1980)

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 285-299, 1978.

RELATIONS ENZYMATIQUES ENTRE LA FOURMI-MANIOC SON CHAMPIGNON ET LE SUBSTRAT VEGETAL RESULTATS DE DETECTION ENZYMATIQUE PAR LA METHODE "API SYSTEM"

G. FEBVAY(°)

I - INTRODUCTION

"La fourmi-manioc", *Acromyrmex octospinosus* fait partie de la tribu des *Attini* et est plus communément connue sous le nom de fourmi champignonniste.

Toutes les espèces de cette tribu, cultivent un champignon dans leur nid et utilisent celui-ci comme source de nourriture principale (MULLER, 1874 ; WHEELER, 1907 ; WEBER, 1972).

L'espèce présente en Guadeloupe *(Acromyrmex octospinosus)* cultive un basidiomycète supérieur (WEBER N.A., 1966) : *Leucocoprinus gongylophora*. Des feuilles et des fleurs vivantes fraîchement coupées sont utilisées comme substrat pour ce champignon. Un fragment de feuille apporté au nid est dans un premier temps nettoyé et découpé en petits morceaux. Une fourmi présente la particule de feuille à l'extrémité de son abdomen et y dépose une goutte de liquide rectal. Le fragment est inséré dans la matrice du champignon, et plusieurs touffes de mycélium sont repiquées sur celui-ci (HUBER 1905, WEBER 1972).

L'association fourmi-champignon semble être une symbiose obligatoire pour les deux organismes. En effet les travaux de MARTIN and Co (University of Michigan) (MARTIN and MARTIN, 1970 a, b, 1971) sur une autre fourmi champignonniste *(Atta colombicatonsipes)* montrent que le champignon a un déficit enzymatique au niveau du métabolisme azoté. Celui-ci a une très mauvaise croissance sur milieu artificiel ne contenant pas d'acides aminés libres.

Au contraire, selon les mêmes auteurs la fourmi aurait un déficit osidasique qui l'empêche d'intégrer le carbone à partir des polyosides complexes, principalement à partir de la cellulose source de carbone végétal essentiel.

Schématiquement la symbiose entre ces deux organismes peut se représenter comme suit :

substrat végétal = Polyosides + protéines
↓ ← dépot du liquide rectal de la fourmi
Polyosides + acides aminés
↓ ← action du champignon au cours de sa croissance

Oses plus simples + protéines du champignon
= source de nourriture de la fourmi

II - BUT

Cette étude a pour but l'approche enzymatique de la symbiose entre *Acromyrmex octospinosus* et son champignon *Leucocoprinus gongylophora*.

(°) Laboratoire de Biologie - 20, avenue Albert Einstein - 69121 VILLEURBANNE

Le substrat végétal, très souvent oublié, doit aussi jouer un rôle dans cette symbiose, par l'apport de ses propres enzymes (principalement enzymes d'autolyse apparaissant après la découpe des feuilles). C'est pourquoi notre étude porte sur les trois partenaires de ce système ; la fourmi (liquide rectal), le champignon et le substrat végétal (fleur d'hibiscus).

III - MATERIEL ET METHODES

1°/ Fourmis

Les fourmis utilisées proviennent de nids expérimentaux du laboratoire alimentées journalièrement avec des fleurs d'Hibiscus. Trois nids différents ont été étudiés, et à l'intérieur de chaque nid le liquide rectal a été prélevé sur une population de grandes ouvrières, et sur une population d'ouvrières moyennes. Par pression sur l'abdomen, 25 µl de liquide rectal sont prélevés avec un microcapillaire, ce qui représente 60 à 80 fourmis suivant les populations. Ces 25 µl sont dilués dans 10 ml d'eau distillée ; cette solution est utilisée pour l'inoculation des galeries Api-zym.

2°/ Champignon

Le prélèvement du champignon de la meule du nid, non pollué par le substrat végétal et les défécations de la fourmi est difficile, aussi nous avons travaillé sur le champignon cultivé sur milieu artificiel au laboratoire.

Quatre milieux artificiels différents sont testés :

Milieu A : 40 g de Maltose
10 g de Peptone
20 g de Gélose
1000 ml d'eau

Milieu B : 10 g de glucose
10 g d'extrait de levure
20 g de gélose
1000 ml d'eau

Milieu C : 10 g de glucose
5 g de peptone
5 g d'extrait de levure
20 g de gélose
1000 ml d'eau

Milieu D : 20 g de maltose
20 g de glucose
10 g de peptone
20 g de gélose
1000 ml d'eau

Pour chaque milieu l'étude a porté sur 3 échantillons. Environ 200 mg de poids frais de mycélium sont prélevés et broyés mécaniquement (porter avec refroidissement) dans 10 ml d'eau distillée. La suspension est centrifugée 10 minutes à 4000 tours/minute. Le surnageant, liquide clair, est directement utilisé pour l'inoculation des galeries Api-zym.

3°/ Substrat végétal

Des fleurs d'Hibiscus ont été choisies comme matériel d'étude du substrat végétal. Seuls les pétales furent utilisés.

Il existe un certain délai entre le début de la découpe du substrat par les fourmis et l'enfourragement de celui-ci dans la meule du champignon, aussi pour se rapprocher des conditions naturelles d'utilisation de ce substrat par les fourmis, les fleurs fraîchement coupées sont immédiatement hachées en très petits fragments. Ceux-ci sont laissés à la température ambiante du laboratoire pendant 1 heure, 6 heures ou 36 heures. Pour chaque temps d'attente après le hachage, 3 essais sont effectués. Chaque essai porte sur une fleur d'hibiscus soit environ 1g de matière fraîche, broyée mécaniquement (potter + refroidissement) dans 20 ml d'eau distillée.

La suspension est centrifugée 10 minutes à 4000 tours/min. Le surnageant est décoloré sur papier filtre au charbon actif avant d'être utilisé pour l'inoculation des galeries Api-zym.

4°/ Méthodes

Le système Api-zym a été utilisé pour la détection des activités enzymatiques (microméthode semi-quantitative).

Les 19 activités enzymatiques de la plaquette Api-zym commercialisée furent ainsi testées ainsi que 39 autres activités enzymatiques présentées sur des galeries expérimentales gracieusement fournies par le laboratoire de recherche Api.

La liste des activités enzymatiques ainsi testées est donnée en annexe.

IV - RESULTATS

1°/ Forme d'expression des résultats

L'inconvénient majeur de la méthode Api-zym est que les résultats absolus obtenus ne peuvent être comparés entre différents échantillons. (Problème de la dilution du départ non identique, problème de la comparaison d'activité ramenée par unité de volume du liquide rectal pour la fourmi, et par unité de poids sec pour le champignon ou le substrat végétal...).

La seule possibilité de comparaison des échantillons entre eux par cette méthode Api-zym, est de s'intéresser à des résultats relatifs, c'est-à-dire le rapport d'une activité enzymatique déterminée sur la somme des activités enzymatiques, ou encore le rapport d'une activité enzymatique sur une autre activité enzymatique.

Le fait d'utiliser des rapports nous permet d'éliminer les problèmes précités. De plus, si l'on considère vraie l'hypothèse suivante : "Si 2 échantillons ont une activité métabolique générale différente alors l'activité d'un groupe d'enzymes précis (telles que les glucosidases) est diminuée dans le même rapport que l'activité d'un autre groupe d'enzymes (telles que les protéases)" ; le fait d'utiliser ces rapports d'activités nous permet aussi d'éliminer l'influence de ce paramètre d'activité métabolique.

A partir des plaquettes Api, plusieurs rapports d'activités enzymatiques ont été retenus :

$$r_1 = \frac{\text{activité des phosphatases}}{\text{A E T}^{(1)}}$$

$$r_2 = \frac{\text{activité des osidases}}{\text{A E T}}$$

$$r_3 = \frac{\text{activité des protéases}}{\text{A E T}}$$

---

(1) AET = Somme des activités révélées par la méthode Api-zym globale.
(Activité enzymatique totale)

$$r_4 = \frac{\text{activité des protéases}}{\text{activité des osidases}}$$

Dans un premier temps ces différents rapports ont été calculés à partir des résultats des 19 tests de la galerie Api-zym commercialisée, et dans un second temps à partir de ces 19 tests auxquels ont été ajoutés les 39 nouveaux tests qui comprennent principalement des activités protéolytiques. Au total sont ainsi testées 34 activités protéasiques, 16 activités osidasiques et 8 activités enzymatiques réparties entre phosphatases, estérases, lipase et sulfatase (voir annexe 1).

2°/ Résultats

	$r_1 = \frac{\text{Phosphatase}}{\text{A E T}}$	$r_2 = \frac{\text{Osidase}}{\text{A E T}}$	$r_3 = \frac{\text{Protéase}}{\text{A E T}}$	$r_4 = \frac{\text{Protéase}}{\text{Osidase}}$
Fourmi				
F_1	0,33	0,22	0,33	1,5
F_2	0,18	0,32	0,45	1,43
F_3	0,28	0,41	0,28	0,67
F_4	0,30	0,30	0,30	1,00
F_5	0,27	0,27	0,36	1,33
moyenne	0,28	0,30	0,34	1,14
Champignon				
A	0,34	0,45	0,17	0,39
B	0,29	0,39	0,25	0,65
C	0,24	0,39	0,30	0,75
D	0,28	0,47	0,19	0,40
moyenne	0,29	0,42	0,23	0,55
Hibiscus				
I	0,43	0,34	0,10	0,30
II	0,43	0,39	0,08	0,20
III	0,44	0,45	≃ 0	≃ 0
moyenne	0,43	0,39	0,06	0,14

Tableau I - Api 19 détections

	$r_1 = \frac{\text{Phosphatase}}{\text{A E T}}$	$r_2 = \frac{\text{Osidase}}{\text{A E T}}$	$r_3 = \frac{\text{Protéase}}{\text{A E T}}$	$r_4 = \frac{\text{Protéase}}{\text{Osidase}}$
Fourmi				
F_1	0,099	0,11	0,74	6,67
F_2	0,062	0,13	0,77	5,76
F_3	0,078	0,14	0,74	5,18
F_4	0,086	0,12	0,75	6,32
F_5	0,095	0,13	0,72	5,5
moyenne	0,085	0,13	0,74	5,86
Champignon				
A	0,125	0,24	0,59	2,45
B	0,096	0,22	0,81	3,70
C	0,082	0,21	0,77	3,70
D	0,090	0,25	0,60	2,40
moyenne	0,098	0,23	0,71	3,09
Hibiscus				
I	0,144	0,21	0,62	2,90
II	0,137	0,22	0,60	2,79
III	0,140	0,20	0,60	2,91
moyenne	0,140	0,21	0,61	2,85

Tableau II - Api 58 détections

<u>Légende des tableaux I et II</u>

Fourmi : une seule analyse pour chaque échantillon multiple formé de 25µl de liquide rectal.

F_1 : ouvrières moyennes nid n° 1
F_2 : ouvrières moyennes nid n° 2
F_3 : grandes ouvrières nid n° 2
F_4 : ouvrières moyennes nid n° 3
F_5 : grandes ouvrières nid n° 3

Champignon : 3 analyses pour chaque milieu étudié.
milieux A, B, C, D définis dans Matériel et Méthodes.

Hibiscus : 3 analyses pour chaque temps de pose après le hachage.
I : 1 heure d'attente après le hachage
II : 6 heures d'attente après le hachage
III : 36 heures d'attente après le hachage

3°/ Analyse des résultats

a) On constate que les résultats obtenus par les 58 détections sont, à l'intérieur de chaque groupe étudié, beaucoup moins dispersés que ceux obtenus en ne considérant que 19 détections. Une explication envisageable est la suivante : une erreur de notation d'un point de l'intensité d'une cupule a beaucoup plus de poids lorsque l'on ne considère que 19 cupules, car d'après la loi des grands nombres la somme des erreurs de notation (positive et négative) tend vers zéro lorsque le nombre de cupules envisagées augmentent. Il est donc préférable, sous cet angle, d'utiliser les résultats des 58 détections.

b) Le rapport $r_1 = \frac{\text{Activité des phosphatases}}{\text{A E T}}$ a été utilisé mais sa signification biologique est difficile à cerner. La fonction physiologique des phosphatases est encore mal connue. Grâce à leur non spécificité, elles assurent l'approvisionnement en phosphate à partir d'esters de phosphate (sous des conditions de déprivation en phosphate). A noter tout de même, que la valeur de ce rapport est pratiquement identique chez les différents échantillons de jus rectaux (0,085) et des champignons (0,098) et qu'il est près de 1,5 fois plus élevé chez l'Hibiscus (0,140).

c) L'activité osidasique est légèrement plus importante chez les grandes ouvrières que chez les moyennes (Figure n° 1).

L'activité osidasique varie suivant les milieux de culture du *Leucocoprinus*. Il semblerait qu'il y ait une corrélation assez nette avec la teneur en sucre des milieux.

En effet :

Milieu A	40 g de maltose/l	r_2 = 0,24
Milieu B	10 g de glucose/l	r_2 = 0,22
Milieu C	10 g de glucose/l	r_2 = 0,21
Milieu D	20 g de maltose/l + 20 g de glucose/l	r^2 = 0,25

Tableau III - Corrélation entre le taux de glucose du milieu de culture et le rapport $r_2 = \frac{\text{activité osidasique}}{\text{A E T}}$

Enfin, en ce qui concerne le substrat végétal, l'activité osidasique ne varie que très peu suivant les temps d'attente après le hachage des pétales. A noter surtout une baisse de cette activité pour un temps d'attente de 36 heures (dégradation des enzymes ?).

Si l'on compare maintenant ce rapport r_2 entre les trois organismes étudiés, on constate que celui du champignon est très nettement supérieur à celui du liquide rectal de la fourmi (environ 2 fois) alors qu'il est pratiquement identique en Hibiscus et Champignon.

d) Protéases

L'activité protéasique est plus importante chez les ouvrières moyennes que chez les grandes (Figure n° 2).

Fourmis
1 : Ouvrières moyennes nid 1
2 : Ouvrières moyennes nid 2
3 : Grandes ouvrières nid 2
4 : Ouvrières moyennes nid 3
5 : Grandes ouvrières nid 3

A,B,C,D : Champignon cultivé sur le milieu correspondant.

Hibiscus
1 : 1 heure après le hachage
2 : 6 heures après le hachage
3 : 36 heures après le hachage

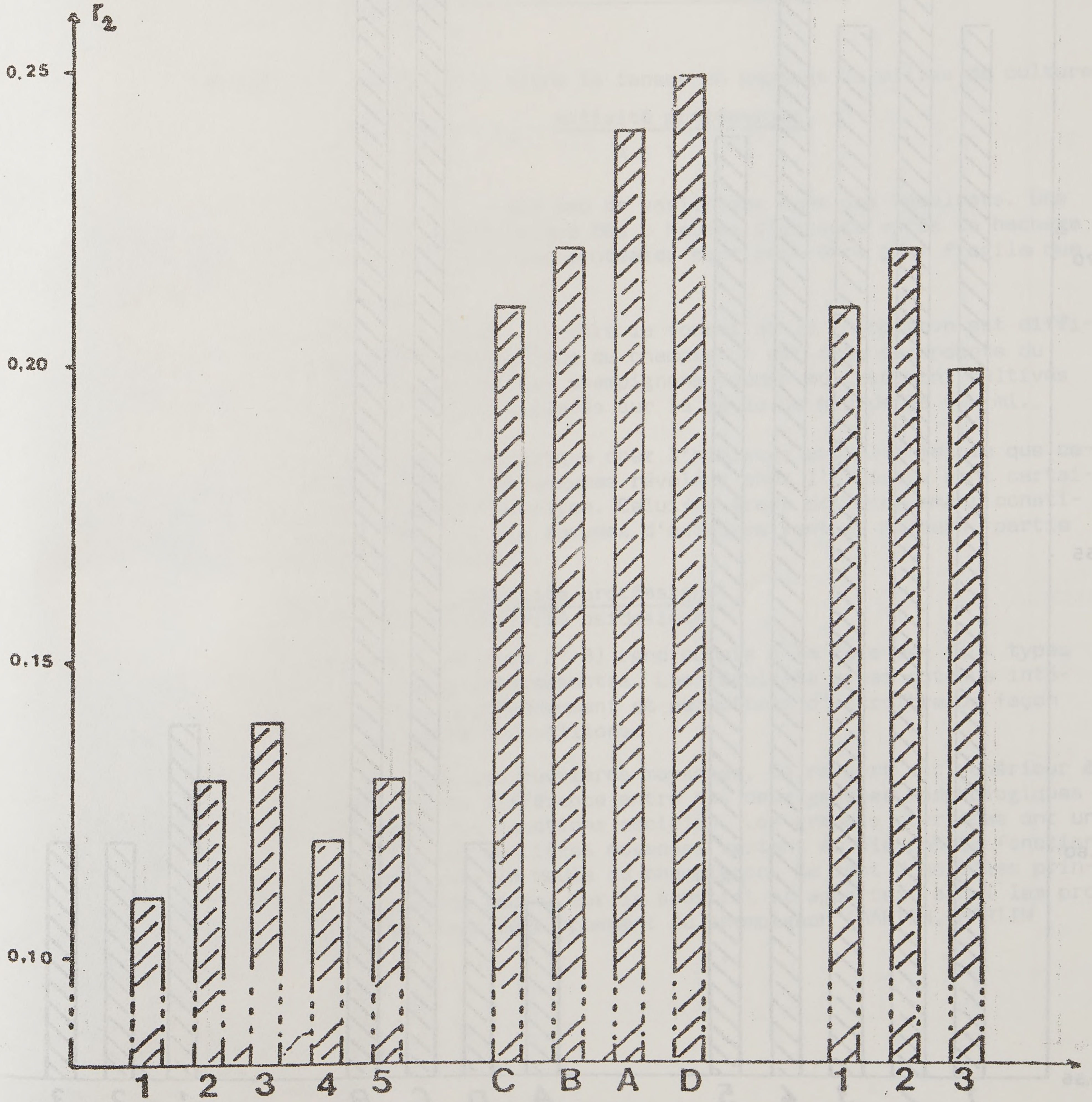


FIGURE n° 1 : Rapport $r_2 = \frac{\text{Activité osidases}}{\text{A E T}}$

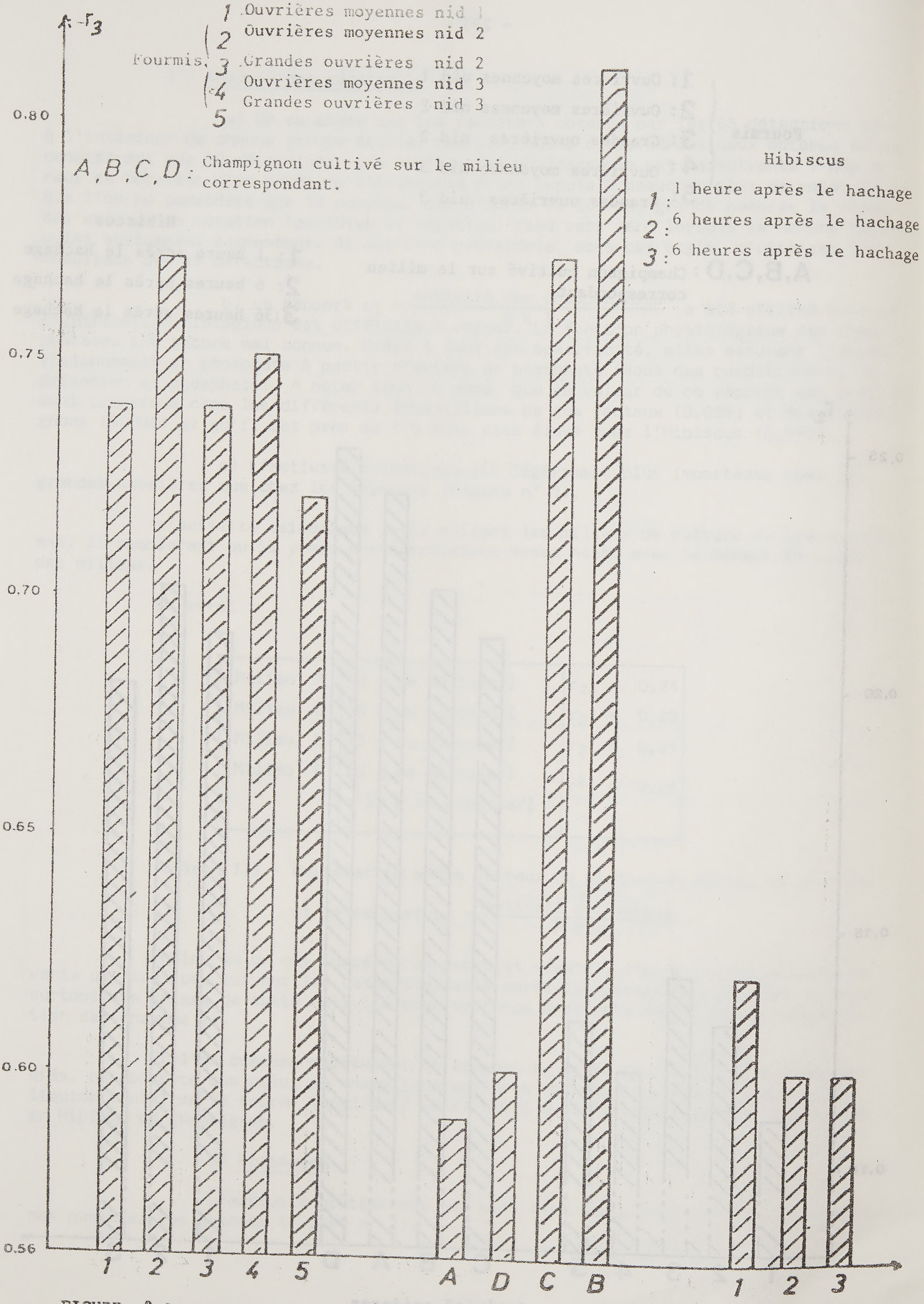


FIGURE n° 2 : Rapport $r_3 = \frac{\text{Activité protéases}}{\text{A E T}}$

L'activité protéasique du champignon varie avec la composition des milieux de culture. On constate une très forte corrélation entre cette activité et la présence ou absence d'extrait de levure dans le milieu de culture.

En effet :

Milieu A	10 g de peptone/l	r_3 = 0,59
Milieu B	10 g d'extrait de levure/l	r_3 = 0,81
Milieu C	5 g de peptone/l +5 g d'extrait de levure/l	r_3 = 0,77
Milieu D	10 g de peptone/l	r_3 = 0,60

Tableau IV - Corrélation entre la teneur en peptone du milieu de culture

$$\text{le rapport } r_3 = \frac{\text{activité protéasique}}{\text{A E T}}$$

Pour l'Hibiscus il n'y a que peu de variations dans les résultats. Une légère diminution de l'activité protéasique dès 6 heures d'attente après le hachage indiquerait que les enzymes du groupe des protéases sont peut-être plus fragiles que les glucidases.

La comparaison du rapport r_3 entre la fourmi et le champignon est difficile d'une part, car l'activité protéasique du champignon est très dépendante du milieu de culture et d'autre part car les champignons soumis au test sont cultivés sur milieu artificiel et ne sont pas prélevés sur la meule du nid de la fourmi.

Le niveau d'activité protéasique chez l'hibiscus est plus faible que celui de la fourmi et du champignon. Les enzymes révélées chez l'hibiscus sont certainement principalement des enzymes d'autolyse. Celui-ci étant principalement constitué de cellulose et d'oses simples, les enzymes d'autolyse sont en majeure partie des glucidases plutôt que des protéases.

$$\text{e) Rapport } r_4 = \frac{\text{activité protéasique}}{\text{activité osidasique}}$$

Le rapport r_4 (figure n° 3) rend compte à la fois des deux types d'activités enzymatiques les plus intéressantes. Les résultats ainsi obtenus intègrent les deux résultats analysés précédemment et permettent d'accroître de façon plus sensible les contrastes entre échantillons.

Pour les fourmis chez les ouvrières moyennes, ce rapport est supérieur à celui des grandes ouvrières. Cette différence entre ces deux groupes morphologiques peut être liée à une différence des fonctions sociales. Les grandes ouvrières ont un rôle de récolteuses, alors que les ouvrières moyennes restant au nid ont la fonction d'intégrer le fourrage végétal dans la meule du champignon. Ce sont donc elles principalement qui déposent le liquide rectal sur le substrat et apportent ainsi les protéases nécessaires pour un meilleur développement du champignon (MARTIN, MARTIN 1970 a).

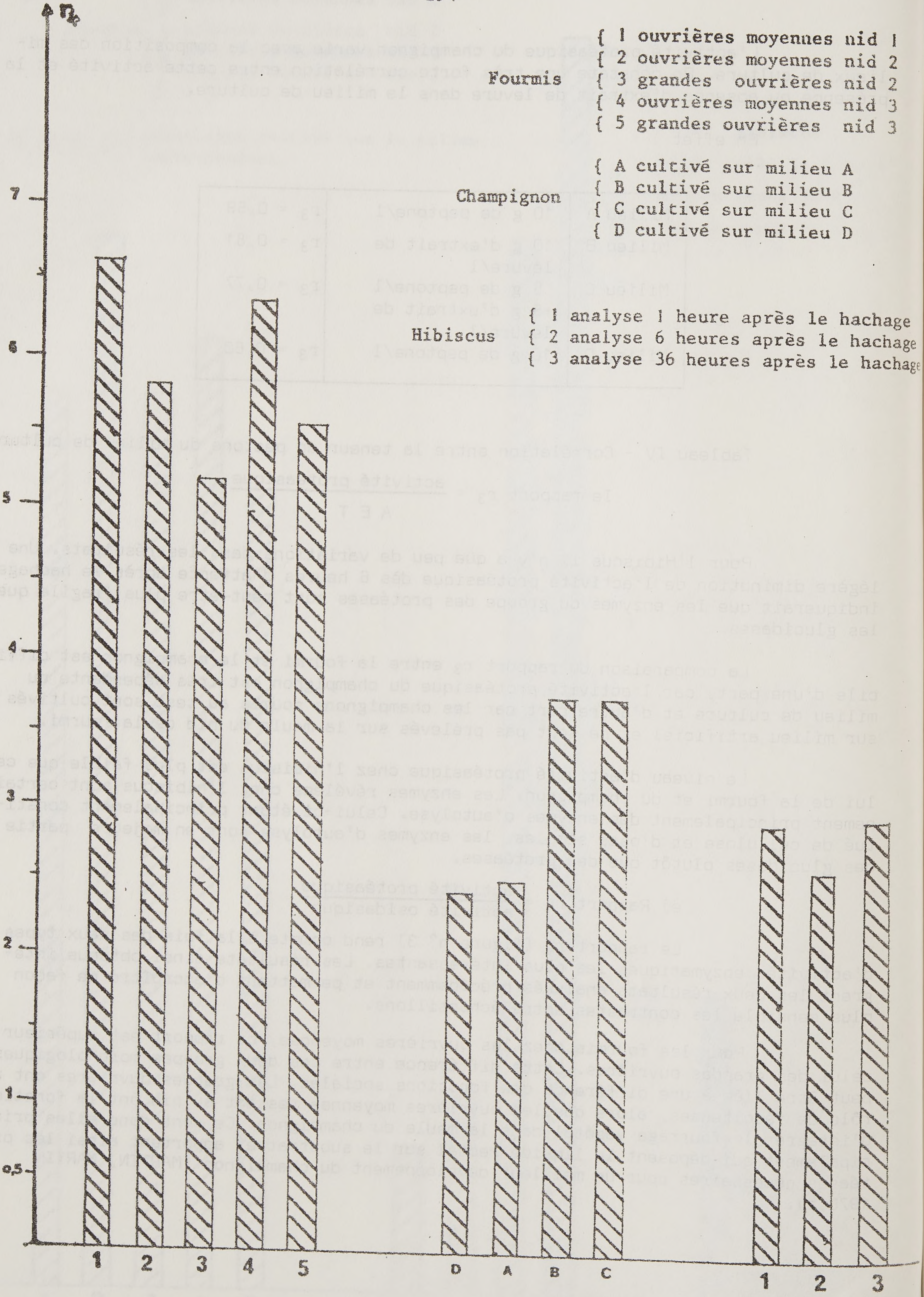


FIGURE n° 3 : Rapport $r_4 = \dfrac{\text{Activité des protéases}}{\text{Activité des osidases}}$

Ce rapport $r_4 = \frac{\text{activité protéasique}}{\text{activité osidasique}}$ révèle la très nette influence du milieu de culture sur la réponse enzymatique du champignon. Rapport plus élevé (3,7) pour le champignon cultivé sur milieu pauvre en oses (10 g/l) et contenant de l'extrait de levure (milieux B et C) que pour le champignon (2,4) cultivé sur milieu riche en oses (40 g/l) et ne contenant que 10 g/l de peptone (milieux A et D).

L'analyse des deux partenaires de la symbiose, montre que ce rapport r_4 est toujour trouvé supérieur pour le liquide rectal de la fourmi que pour les différentes cultures de champignon, indiquant une prédominance de l'activité protéasique chez le champignon.

f) Remarques sur les résultats absolus obtenus pour les différents organismes (voir spectres enzymatiques, annexe 2).

Pour la comparaison des résultats absolus entre fourmi, champignon et Hibiscus, obtenus avec la méthode Api, seul le critère absence ou présence d'une enzyme peut être retenu.

Dans ces conditions nous noterons :

a) absence chez la fourmi des enzymes : α fucosidase (19), β xylosidase (20) et α D xylosidase (22) alors que celles-ci sont présentes chez le champignon.

Ces enzymes sont d'une grande importance car le matériel végétal, outre la cellulose, est formé de fucosanes et surtout de xylanes.

b) chez le champignon, il est à noter principalement les absences de L glutamine arylamidase (50) et de α L glutamate arylamidase (51).

V - CONCLUSIONS

Cette étude de la symbiose Fourmi-manioc-*Leucocoprinus* par la méthode Api a été réalisée de façon préliminaire à une étude plus quantitative d'activités enzymatiques précises.

Bien que semi-quantitative, cette étude n'est pas dénuée d'intérêts :

a) L'étude sur le champignon montre que le spectre enzymatique de celui-ci est très dépendant du milieu de culture (induction d'enzymes) : ce résultat est important pour les études ultérieures. Le matériel idéal serait le champignon prélevé directement sur la meule du nid. Pratiquement il est très difficile d'obtenir celui-ci non pollué par le substrat végétal frais constamment apporté par les fourmis et par les défécations de celles-ci. Pour nous rapprocher des conditions naturelles, nous envisageons en collaboration avec le laboratoire de mycologie, de travailler sur du champignon cultivé sur un milieu légèrement gélosé ne contenant qu'un broyat de feuilles. Des pré-expériences ont montré une croissance du champignon sur ce type de milieux.

b) Une différence sensible apparait dans les résultats entre les deux castes de fourmis étudiées (moyennes et grandes ouvrières). Cette différence mériterait d'être confirmée sur un plus grand nombre d'échantillons, et avec d'autres castes (en particulier les sexués mâles et femelles).

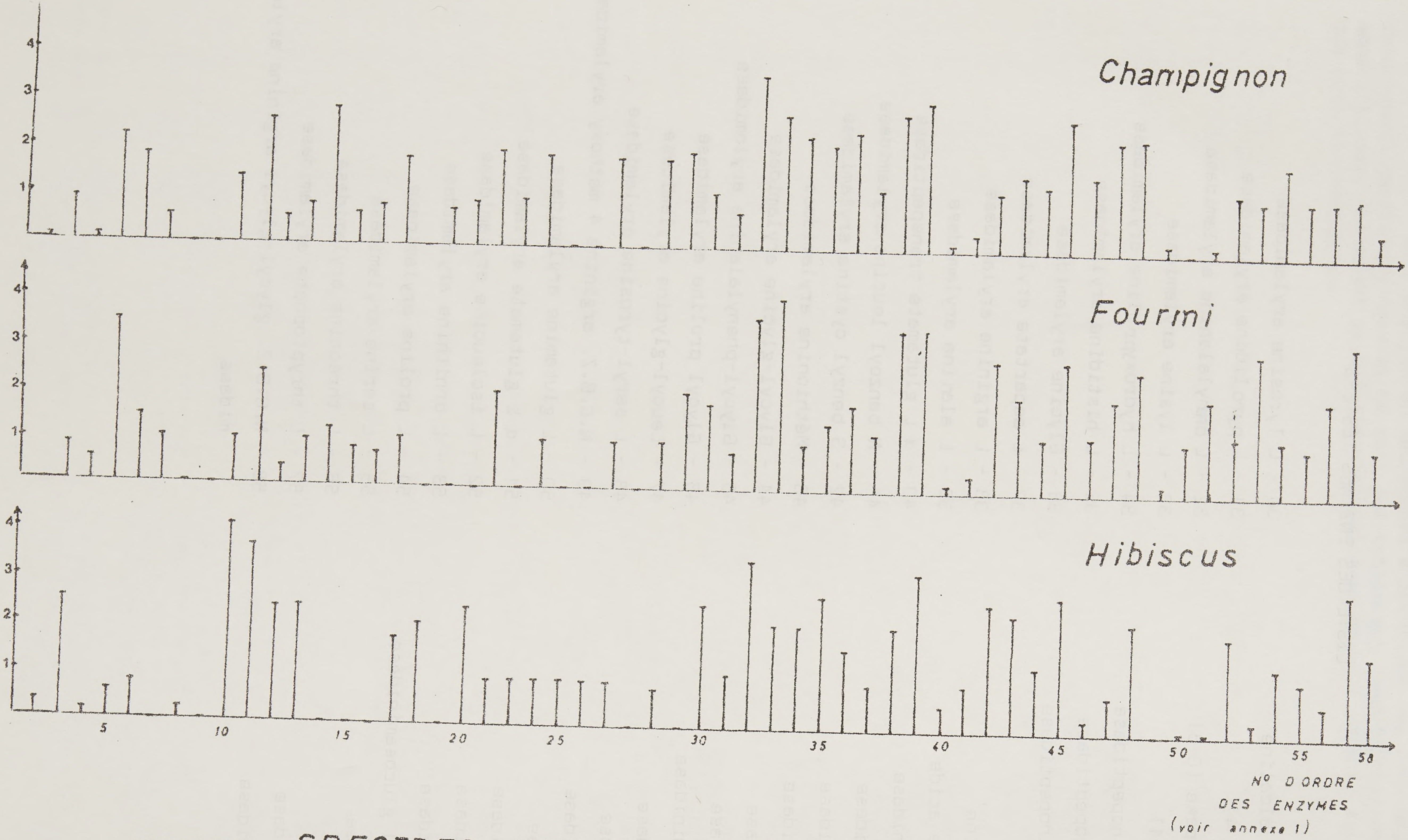
c) Le stock enzymatique du substrat végétal vivant est, comme pressenti, non négligeable et doit participer à sa propre dégradation au moins dans une phase primaire.

d) L'analyse du patrimoine enzymatique des deux organismes (fourmi-champignon) montre que ceux-ci ne sont pas totalement complémentaires. Néanmoins, il apparait assez nettement un déficit d'activité osidasique chez la fourmi et protéasique chez le champignon.

ANNEXE 1

LISTE DES ENZYMES TESTEES

1 - Phosphatase alcaline
2 - Estérase (C 4)
3 - Estérase lipase (C 8)
4 - Lipase (C 14)
5 - Leucine aminopeptidase
6 - Valine aminopeptidase
7 - Cystine aminopeptidase
8 - Trypsine
9 - Chymotrypsine
10 - Phosphatase acide
11 - Phosphoaminidase
12 - α galactosidase
13 - β galactosidase
14 - β glucuronidase
15 - α glucosidase
16 - β glucosidase
17 - β glucosaminidase
18 - α mannosidase
19 - α fucosidase
20 - β D xylosidase
21 - Phosphatase
22 - α D xylosidase
23 - β D fucosidase
24 - β L fucosidase
25 - N acetyl glucosaminidase
26 - Lactosidase
27 - Sulfatase
28 - Arabinosidase
29 - Cellobiosidase
30 - L Tyrosine arylamidase
31 - L pyrolidone arylamidase
32 - L phenylalanine arylamidase
33 - L lysine arylamidase
34 - L hydroxyproline arylamidase
35 - L histidine arylamidase
36 - Glycine arylamidase
37 - L aspartate arylamidase
38 - L arginine arylamidase
39 - L alanine arylamidase
40 - α L glutamate transpeptidase
41 - N benzoyl leucine arylamidase
42 - S benzyl cystine arylamidase
43 - Méthionine arylamidase
44 - Glycyl-glycine arylamidase
45 - Glycyl-phenylalanine arylamidase
46 - Glycyl proline arylamidase
47 - Leucyl-glycine arylamidase
48 - L seryl-tyrosine arylamidase
49 - N.C.B.Z. arginine 4 methoxy arylamidase
50 - L glutamine arylamidase
51 - α L glutamate arylamidase
52 - L isoleucine arylamidase
53 - L ornithine arylamidase
54 - L proline arylamidase
55 - L serine arylamidase
56 - L thréonine arylamidase
57 - L thryptophane arylamidase
58 - N.C.B.Z. glycyl-glycyl arginine arylamidase



ANNEXE N° 2 : **SPECTRES ENZYMATIQUES DES 3 ORGANISMES**
(moyenne des échantillons testés)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

HUBERT (J.). - Über die Koloniengrundung bei *Atta sedens*. Biol. Zbl. 25, 606-619, 625-635, 1905.

MARTIN (M.M.) and MARTIN (J.S.). - The biochemical basis for the symbiosis between the ant, *Atta colombica tonipes*, and its food fungus. J. Insect. Physiol. 16, 109-119, 1970a.

MARTIN (J.S.) and MARTIN (M.M.). - The presence of protease activity in the rectal fluid of attine ants. J. Insect. physiol. 16, 228-232, 1970b.

MARTIN (M.M.) and MARTIN (J.S.). - The presence of protease activity in the rectal fluid of primitive attine ants. J. Insect. Physiol. 17, 1897-1906, 1971.

MÜLLER (F.). - The habits of various insects. Nature, Lond. 10, 102-103, 1974.

WEBER (N.A.). - Fungus growing ants. Science vol. 153, n° 3736, 587-604, 1966.

WEBER (N.A.). - Gardening ants, the Attines. Mem. Am. Phil. Soc. 92, 1-146, 1972.

WHEELER (W.M.). - The fungus-growing ants of North America. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 23, 669-807, 1907.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos plus vifs remerciements à la Société API (La Balme-les-Grottes, 38390 MONTALIEU-VERCIEU, FRANCE) qui nous a offert gracieusement le matériel nécessaire à là mise en oeuvre de cette microméthode.

RESUME

L'étude enzymatique des relations entre la fourmi-manioc, son champignon et le substrat végétal a été réalisée à l'aide d'une microméthode colorimétrique permettant de déceler une soixantaine d'enzymes et de noter leur activité.

L'analyse du champignon montre que les activités enzymatiques de celui-ci sont très dépendantes du milieu de culture. Une différence sensible apparait entre les deux groupes de fourmis étudiées (moyennes et grandes ouvrières).

Le substrat végétal, par son stock enzymatique non négligeable, doit participer à sa propre dégradation. L'analyse du patrimoine enzymatique de la fourmi et du champignon laisse apparaître un déficit oxydasique chez l'animal et protéasique chez le champignon.

SUMMARY

ENZYMATIC RELATIONS BEETWEEN THE LEAF-CUTTING ANT *(ACROMYRMEX OCTOPINOSUS)*, ITS FUNGUS *(LEUCOCOPRINUS) GONGYLOPHORA)* AND THE PLANT SUBSTRATUM

The enzymatic study of the relations beetween the leaf-cutting ant, its fungus and the plant substratum was made with a colorimetric micro-method which can detect about sixty enzymes and their activity.

The fungus analysis shows that its enzymatic activities are very dependent on the cultivation environment. A clear difference is observed beetween the two groups of studied ants (medium and large sized workers).

The plant substratum, by its not negligible enzymatic stock, seems to make its own degradation. The analysis of the enzymatic inheritance of the leaf-cutting ant and the fungus shows an oxydase deficiency in the ant and a protease deficiency in the fungus.

RESUMEN

RELACIONES ENZYMATICAS ENTRE LA HORMIGA CORTADORA *(ACROMYRMEX OCTOSPINOSUS)*, SU HONGO *(LEUCOCOPRINUS GONGYLOPHORA)* Y LA MATERIA VEGETAL

El estudio enzymático de las relaciones entre la hormiga cortadora, su hongo y la materia vegetal fue realizado con un micro-metodo colorimétrico permitiendo de señalar unos sesenta de enzymas y de notar su actividad.

El analisis del hongo muestra que sus actividades enzymáticas son muy dependientes del medio de cultivación. Una diferencia sensible aparece entre los dos grupos de hormigas estudiadas (medias y grandes obreras).

El substrato vegetal, con su deposito enzymático no despreciable, parece hacer su propia degradación. El analisis del patrimonio enzymático de la hormiga y del hongo evidencia un déficit oxidásico en la hormiga y protéasico en el hongo.

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 301-322, 1978.

PRODUCTION PRIMAIRE EN PROVINCE CARAIBE

ESSAI BIBLIOGRAPHIQUE

J. MARTINET(°) - C. SAINT FELIX(°°) - A. GUYARD(°)

Nos propres résultats de détermination de production primaire en Martinique (MARTINET, 1977 ; MARTINET, SAINT FELIX, 1978) sont rappelés au sein d'un essai de synthèse des travaux effectués dans la zone ouest-atlantique, semi-tropicale et tropicale, allant des Bermudes à la côte nord de l'Amérique du Sud.

Les Bermudes, bien que relativement éloignées des Antilles (figure 1) ont été incluses dans cette étude. En effet, elles reçoivent par l'intermédiaire du Gulf Stream, des eaux chaudes en provenance de la Mer Caraïbe. La flore et la faune marines y sont comparables ainsi que bien d'autres facteurs hydrologiques, ce qui justifie ce rapprochement.

En revanche, le littoral vénézuélien qui limite, au sud, la zone antillaise, présente des caractères bien particuliers dus à l'upwelling le long de la côte.

Ce travail met en évidence les différents facteurs contrôlant la production primaire et les méthodes utilisées pour sa détermination (en annexe). Les tableaux 1 à 6 récapitulent l'ensemble des résultats obtenus qui sont interprétés dans une discussion finale.

I - FACTEURS CONTROLANT LA PRODUCTION PRIMAIRE

1.1. - Masses d'eau et courants

D'après SVERDRUP et al (1946), les eaux arrivant en zone caraïbe ont une double origine :

- d'une part, un apport sud (ou équatorial),
- d'autre part, un apport nord-atlantique essentiellement en provenance de la Mer des Sargasses au nord-est des Antilles.

A la suite des travaux de RICHARDS (1960), GADE (1961), GORDON (1967) et FEBRES-ORTEGA (1972), on peut proposer le schéma suivant pour la stratification des eaux :

- une couche supérieure d'environ 150 m d'épaisseur, de faible salinité. Cette strate est constituée au printemps par des eaux d'origine essentiellement nord-atlantique. En hiver et pendant la saison des pluies, l'apport sud-atlantique est prédominant. A cette époque, on remarque une forte contribution des fleuves sud-américains qui, au contact des eaux marines nord-équatoriales, provoquent d'importants brassages horizontaux ;

- une couche sous-jacente de forte salinité, allant de 150 à 700 mètres environ. Elle est séparée de la première par une thermocline plus ou moins développée. La salinité est maximale à cette limite. Les eaux correspondantes sont principalement d'origine subtropicale. En fait la limite supérieure de cette couche est à 200 m dans la partie nord des Caraïbes et atteint 50 m dans le sud. Elle rejoint parfois la surface le long de la côte sud-américaine où l'upwelling est intense ;

(°) U.E.R. Sciences Exactes et Naturelles, C.U.A.G., B.P. 592, 97167 POINTE A PITRE

(°°) I.S.T.P.M. Pointe Fort, 97231 ROBERT (Martinique)

- une couche profonde de faible salinité (salinité minimale à 800 m) d'origine subantarctique intermédiaire (sud-atlantique).

En ce qui concerne les courants (figure 1) les eaux d'origine sud-atlantique pénètrent en Mer Caraïbe par les canaux des Petites Antilles du Sud, près de Sainte Lucie et entre Grenade et Trinidad. Les eaux d'origine nord-atlantique arrivent par les passages entre Cuba et Hispaniola (Windward passage), Hispaniola et la Jamaïque, Hispaniola et Porto Rico (Mona passage), à l'ouest de la Jamaïque et entre les Grandes Antilles et les Petites Antilles du nord. Les différences de températures en surface étant faibles, les circulations sont dues principalement aux vents : les alizés soufflant d'est et d'est-nord est (Gordon, 1967). Le courant caraïbe s'écoule donc vers l'ouest (avec une composante sud juste à l'ouest des Petites Antilles). Au niveau de 77° de longitude ouest, il fait un crochet vers le sud avant de gagner les sorties nord-ouest, entre la Jamaïque et le Honduras, au Mona passage et entre la Jamaïque et Hispaniola. Il contribuera à la formation du Gulf Stream.

1.2. - Sels nutritifs

Si l'on excepte le littoral vénézuélien et la proximité immédiate des côtes, les eaux de la couche euphotique sont pauvres en éléments nutritifs et les concentrations varient peu au cours de l'année (MENZEL RYTHER, 1960 ; RYTHER, MENZEL, 1960 ; CORCORAN, ALEXANDER, 1963 ; BEERS et al, 1968 ; BEERS, HERMAN, 1969 ; SANDER, STEVEN, 1973).

En Mer Caraïbe, la tranche d'eau supérieure, de 100 m d'épaisseur environ, présente une structure température - salinité telle qu'elle interdit le mélange avec les eaux profondes, plus salines et plus riches (BEERS et al, 1968 ; STURGES, 1965). Au niveau des Bermudes, la thermocline saisonnière est quelquefois détruite en hiver et les eaux à 18°C rejoignent la surface (MENZEL, RYTHER, 1960).

De même, au large de la Floride (Détroit de Floride), le mélange vertical peut se faire occasionnellement de façon peu intensive. Mais la température en surface n'est jamais inférieure à 25°C. Dans les deux cas, les concentrations des sels nutritifs restent faibles.

Selon REDFIELD et al (1963), le rapport N/P (azote, phosphore, chacun exprimé en nombre d'atomes) est de 15,5 dans les populations planctoniques.

Dans l'eau, les valeurs N/P obtenues, sont très variables, selon les échantillons, dans la couche supérieure. De plus, elles sont très inférieures à 15,5 dans les eaux semi-tropicales et tropicales. En déterminant les ions nitrites et nitrates seuls, BEERS et al (1968) arrivent à des rapports variant entre 5,3 et 10,3 à la Jamaïque et entre 2,1 et 5,5 à Barbade. OKUDA (1960), au N-E du Brésil, note des valeurs allant de 2,0 à 2,6 et nous signalons à la Martinique, une moyenne de 4,5 (MARTINET, 1977). Il semble donc que la régénération des ions phosphates se fasse plus rapidement que celle des nitrates (HARVEY, 1945). Des rapports un peu plus élevés auraient été obtenus si les ions ammonium avaient été déterminés.

De plus, CARPENTER, Mc CARTHY (1975) et CARPENTER, PRICE (1976) montrent la fixation probable de N_2 par *Oscillatoria (Trichodesmium) thiebautii* en Mer des Sargasses et de façon plus importante en Mer Caraïbe. Mais ces fixations restent généralement faibles par rapport aux quantités d'azote combiné qui sont fixées par l'ensemble du phytoplancton.

Il apparait d'ailleurs que parallèlement aux dérivés azotés, le fer puisse limiter la production primaire en Mer des Sargasse (MENZEL, RYTHER, 1961). Le fer est un constituant de la nitrogénase et sa présence pourrait être d'une importance fondamentale dans les phénomènes de fixation de l'azote (CARPENTER, COX, 1974). Toutefois aucune corrélation n'a pu encore être mise en évidence entre la concentration de

.../...

de cet oligo-élément et la production primaire (MENZEL, SPAETH, 1962).

En effet, le rôle du fer et les formes sous lesquelles il agit sont encore mal connus (CORCORAN, ALEXANDER, 1964) et les problèmes de dosage de ces différentes formes ne sont pas tous résolus.

Jusqu'à plus amples études, il semble que l'on puisse considérer l'azote comme l'un des plus importants facteurs limitant la production primaire (RILEY et al, 1949).

Mais finalement, ce qui importe pour ces eaux pauvres, c'est plus la vitesse de recyclage des sels que leur concentration à un moment donné, celle-ci ne mesurant qu'une valeur résiduelle (KETCHUM et al, 1958 ; BEERS et al, 1968). Ces réactions de régénération, minéralisation, réutilisation sont plus rapides dans ces eaux chaudes que sous climat tempéré (KETCHUM et al, 1958 ; MENZEL, RYTHER, 1960 ; CORCORAN, ALEXANDER, 1963).

D'autre part, sous ces latitudes, la lumière ne constitue par un facteur limitant (STEEMANN NIELSEN, JENSEN, 1957 ; RYTHER, MENZEL, 1960 ; BEERS et al, 1968).

En résumé, les caractères conditionnant en pleine mer la production sont les suivants :

- eaux claires et chaudes, sans grand changement de température,
- lumière solaire non limitative,
- durée du jour pratiquement constante,
- faibles concentrations des éléments nutritifs
- peu de mélange avec des couches plus profondes et plus riches.

Par conséquent, les variations de production de ces eaux semi-tropicales et tropicales atlantiques ne sont pas aussi importantes et régulières que celles des eaux tempérées.

Près des côtes ou dans les baies, bien d'autres facteurs peuvent intervenir : en particulier, l'"Island Mass Effect" (SANDER, STEVEN, 1973) ou l'"Upwelling" le long de la côte nord de l'Amérique du Sud (RICHARDS, 1960 ; CURL, 1960).

2 - *METHODES DE DETERMINATION DE PRODUCTION PRIMAIRE*

La production brute correspond à la matière organique réellement synthétisée par les végétaux exposés à la lumière, pendant un certain temps.

La production nette représente, pour ce même temps, la matière organique synthétisée restant après les pertes diverses (respiration...) qui ont lieu simultanément à la photosynthèse.

Nous précisons en annexe les méthodes de mesure employées en province caraïbe par les différents auteurs cités dans cette bibliographie.

Nos déterminations de production primaire en Martinique (MARTINET, 1977 ; MARTINET, SAINT FELIX, 1978) ont été faites par la méthode du ^{14}C (STEEMANN NIELSEN, 1952). Les expériences se sont déroulées, *in situ* sur une durée de 6h à partir du midi solaire. Les résultats sont corrigés de la perte en ^{14}C due à la respiration.

De façon générale, on pourra se reporter aux ouvrages de STRICKLAND (1960) et de VOLLENWEIDER (1969), qui sont des études complètes et détaillées des différentes techniques, et à la mise à jour de SOURNIA (1971) à propos des problèmes physiologiques posés par l'application de la méthode du ^{14}C.

La production est une grandeur très difficilement mesurable et il est absolument nécessaire, en donnant des résultats, de préciser la méthode de détermination employée et les conditions opératoires. Sinon, les valeurs sont sans signification.

3 - COMPARAISON ET DISCUSSION DES DIFFERENTS RESULTATS (*tableaux 1 à 6, Figures 1 à 3*)

En raison des difficultés des mesures de production primaire, nous tiendrons essentiellement compte des résultats obtenus depuis 1960.

3.1. - Mer des Sargasses

En Mer des Sargasses, les résultats obtenus jusqu'en 1960 (RILLEY, 1939 ; RILEY et al, 1949 ; STEEMANN NIELSEN, 1952 ; RILEY, 1957) par des méthodes variées et à des moments différents de l'année étaient très divers, MENZEL, RYTHER (1960) ont repris ces études sur une période de 18 mois.

Dans ces eaux semi-tropicales (au large des Bermudes), la production primaire présente un cycle saisonnier avec de hauts niveaux d'activité en hiver et début de printemps, quand le brassage avec la couche profonde plus riche peut se faire. Les variations restent faibles mais la valeur moyenne est au moins égale à celle des climats tempérés. Le passage des eaux semi-tropicales aux eaux tropicales (de 30 à 25° N environ) se marque, dans la Mer des Sargasses, par la stratification de plus en plus nette des couches d'eau sans mélange possible entre elles. La production reste à niveau bas et pratiquement constant avec une moyenne comprise entre le tiers et la moitié de celle des eaux semi-tropicales (RYTHER, MENZEL, 1960, 1961 ; CARPENTER, COX, 1974).

RYTHER et MENZEL dans les trois études citées ont employé la méthode du ^{14}C, avec, en général, des incubations *in situ* simulées de 24h. On sait maintenant que cette durée est trop importante pour des eaux peu productrices. Les résultats obtenus sont donc sans doute inférieurs aux valeurs réelles bien qu'ils semblent concorder avec ceux plus récents de SAIJO (1973).

3.2. - Floride, Grandes Antilles

Au niveau de la Floride (Détroit de Floride), les eaux sont typiquement tropicales (CORCORAN, ALEXANDER, 1963). Le brassage vertical est faible et les eaux sont pauvres en éléments nutritifs mais d'une façon moins prononcée qu'aux Bermudes. Pour cette raison le cycle annuel de production, dans cette région tropicale, est sans doute comparable à celui de la zone semi-tropicale de la Mer des Sargasses, bien qu'avec des valeurs moins extrêmes.

Par contre, au niveau du sud-ouest de la pointe de la Floride les eaux sont plus riches (apport des fleuves nord-américains dans le Golfe du Mexique et remontée d'eau) et les productions beaucoup plus fortes (KABANOVA, LOPEZ BALUJA, 1973). Les mêmes auteurs, ainsi que KONDRATIEVA, SOSA (1966), notent également une zone de grande fertilité le long des côtes cubaines.

Les études de MARGALEF (1961) et de BURKHOLDER et al (1967) sont faites exclusivement en zone côtière et dans les baies protégées du sud de Porto Rico. Après les pluies, les mangroves inondées y déversent leurs éléments nutritifs. La production, lors des floraisons phytoplanctoniques, passe des faibles valeurs océaniques à de très hautes activités comparables à celles des régions à upwelling. Il semble que la flore marine soit adaptée aux conditions tropicales car la pleine lumière solaire ne diminue pas le taux de fixation du carbone.

Les résultats obtenus par BEERS et al (1968) au large de la Jamaïque sont identiques à ceux des stations sud de caractéristiques tropicales de la croisière n° 24 du Crawford (RYTHER, MENZEL, 1960) et comparables à ceux obtenus par SAIJO (1973) et JITTS et al, (1976) pendant SCOR Discoverer Expedition (Figure 2).

Ils sont à peu près deux fois plus élevés que ceux correspondant aux stations les plus au sud de la croisière n° 37 du Crawford (RYTHER, MENZEL, 1961) à une latitude voisine. Ces auteurs (BEERS et al, 1968 ; RYTHER, MENZEL, 1960, 1961) emploient pourtant des techniques similaires (^{14}C *in situ* simulé, 24 h d'incubation) et un même traitement des résultats (pas de correction de respiration, retrait de la fixation de C à l'obscurité).

3.3. - Petites Antilles ;

Au large de Barbade, en parallèle avec la Jamaïque, BEERS et coll. (1968) notent des productions presque doubles.

Là aussi, le milieu nutritif est moins pauvre. Ceci est dû à l'influence indirecte des fleuves sud-américains : leurs effluents (qui, sauf en silice, redeviennent assez vite pauvres en sels nutritifs) provoquent, à leur périphérie, une remontée des eaux, plus riches, sous-jacentes ; ceci se fait sentir, entre autre, dans la partie est des Caraïbes (RYTHER et al, 1967).

Autre caractéristique de ces eaux, le rapport N/P est plus petit à Barbade qu'en Jamaïque ; la régénération des phosphates comparée à celle des nitrates s'y fait sans doute encore plus vite. D'ailleurs pour l'ensemble des sels, les phénomènes de recyclage sont plus rapides, l'activité de la flore bactérienne étant plus importante. Ceci expliquerait la plus grande production.

A Barbade, seule la production brute a été déterminée, la fixation de ^{14}C à l'obscurité étant trop importante (grande activité bactérienne).

STEVEN (1971), autour et au large de Barbade vers Tobago, trouve des valeurs de productions nettes en accord avec celles de productions brutes rapportées par les précédents auteurs. Il remarque, comme nous l'avons vu pour le travail de BEERS et al (1968) en Jamaïque, que ses résultats sont plus élevés que ceux obtenus par RYTHER, MENZEL (1961) dans des régions proches. Il note également que c'est à peu près à partir de cette latitude, dans cette zone, qu'à nouveau les productions, progressivement, augmentent jusqu'à la côte sud-américaine. Elles suivent en cela les densités phytoplanctoniques, et l'enrichissement des eaux dû à l'upwelling. C'est sans doute une raison non négligeable puisque nous avons vu que les résultats de BEERS et al (1968) à Barbade étaient environ deux fois supérieurs à ceux de Jamaïque.

Contrairement à ces auteurs, STEVEN (1971) pense qu'il est peu probable que les seuls cycles saisonniers (salinités en opposition aux silicates) dus à l'influence des fleuves sud-américains aient un effet sur les évolutions des productions. Celles-ci ne sont pas constantes pour autant mais semblent varier au hasard dans des limites assez étroites. Ceci serait typique de ces eaux tropicales stratifiées. D'autre part, l'"island mass effect" est restreint au voisinage immédiat des côtes.

SANDER, STEVEN (1973) ont chiffré plus précisément ces phénomènes toujours à Barbade, en travaillant uniquement en surface du littoral vers le large. Pour les valeurs même de productions, la comparaison des précédents travaux n'est pas aisée, puisqu'ici les résultats sont en g C/m^3 et non en g C/m^2.

INGHAM, MAHNKEN (1966) remarquent des productions plus importantes au large de Saint Vincent, côté caraïbe que côté atlantique. Ceci est accompagné d'un zooplancton plus dense, de bancs de poissons et de bandes d'oiseaux et serait dû aux turbulances cycloniques et anticycloniques qui se déplaceraient vers l'ouest selon les courants de surface pénétrant de l'Atlantique en Mer Caraïbe.

Les valeurs indiquées (méthode ^{14}C ; durée d'incubation 24 h) sont également beaucoup plus faibles que celles de STEVEN (1971) et correspondent à celles des stations sud de RYTHER, MENZEL (1961).

Nous avons étudié la production primaire, en surface, dans le havre du Robert, côte atlantique de la Martinique, d'octobre 1976 à février 1977, par la méthode du ^{14}C (figure 3).

La production est en moyenne de 3,65 mg $C/m^3/h$ (de 1,24 à 5,93 avec une valeur minimale, extérieure à cette intervalle, de 0,10).

Cette moyenne est un peu plus élevée que celle de SANDER, STEVEN (1973) au littoral immédiat de Barbade (production nette pour ces auteurs, donc sans correction de respiration). Elle est cependant bien plus faible que certaines productions côtières des Grandes Antilles : N-O de Cuba (KABANOVA, LOPEZ BALUJA, 1973) et sud de Porto Rico (BURKHLOLDER et al, 1967).

Dans ces derniers cas, les apports de sels minéraux par les rivières et les mangroves sont plus importants. Mais, bien qu'à degré moindre, les eaux littorales des Petites Antilles sont plus productives que celles du large.

Pour notre étude, au havre du Robert, cela est vraisemblablement dû au courant littoral et à la houle atlantique permettant la diffusion et le renouvellement rapides des éléments nutritifs. Ceci supplérait partiellement à la pauvreté de ces eaux.

3.4. - Zone vénézuélienne

A Curaçao, WANDERS, WANDERS-FABER (1974) et WANDERS (1976) ont étudié la production primaire benthique. Nous reportons leurs conclusions bien que ces travaux soient différents de ceux que nous avons par ailleurs regroupés (production phytoplanctonique), en raison de leurs caractères comparatifs et fondamentaux.

Ils remarquent que, bien que différentes (l'une corallienne, à l'abri du vent, l'autre sans corail, exposée au vent), les deux côtes produisent sensiblement de la même façon. Les productions brutes et nettes sont respectivement de 50 à 100 fois et de 25 à 65 fois plus fortes que celles du phytoplancton de pleine mer des Caraïbes. La côte sud-ouest corallienne est sensée permettre un recyclage très rapide des sels nutritifs, mais sur la côte nord-est agitée, les courants apportent continuellement de nouvelles nourritures (bien qu'en faibles quantités). Les mouvements des eaux les répartissent au niveau des organismes benthiques.

Ceci rejoint le fait signalé par SOURNIA, RICARD (1976) "dans des communautés à dominance benthique, le phytoplancton tend à perdre sont rôle de producteur primaire".

Au voisinage de la côte sud-américaine, les productions sont élevées en raison de la remontée d'eau, plus riche en sels nutritifs (P et N) (RICHARDS, 1960 ; CURL, 1960) et en raison de l'apport des fleuves. Toutefois, la pénétration de la lumière peut être limitée par la forte densité du phytoplancton ou par d'importantes quantités de limon en suspension. C'est le cas du lac Maracaibo, du Golfe de Vénézuéla et de l'embouchure de la rivière Magdalena (effluents déportés en mer, vers l'est). La production est alors atténuée. Des comparaisons intéressantes peuvent être faites entre cette étude bibliographique sur les déterminations de production dans la zone caraïbe et celle plus ancienne de SOURNIA (1969) portant plus généralement sur les régions tropicales.

ANNEXE :

Méthodes de détermination de la production primaire utilisées par les différents auteurs cités.

1 - Détermination par la méthode du ^{14}C

Elle mesure la fixation du carbone radioactif. Les expériences peuvent se faire *in situ* simulé. Dans le premier cas, les flacons inoculés de ^{14}C sont replongés pendant un certain temps pour incubation, à la profondeur correspondante de l'eau prélevée qu'ils contiennent. Dans le deuxième cas, les flacons, placés dans un réservoir alimenté en eau courante, sont soumis à des éclairements appropriés grâce à un jeu de filtres.

Pendant l'expérience, on peut schématiser les réactions impliquant CO_2 et O_2 de la façon suivante :

- flacon clair :

Photosynthèse $^{*}CO_2 + H_2O \longrightarrow {}^{*}C\ orga + O_2$ — P fois

Respiration $^{*}C\ orga + O_2 \longrightarrow {}^{*}CO_2 + H_2O$ — R_1 ⎫ R fois

$C\ orga + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ — R_2 ⎭
préexistant

Photosynthèse à partir du CO_2 produit par la respiration

$^{*}CO_2 + H_2O \longrightarrow {}^{*}C\ orga + O_2$ — P'_1 ⎫ P' fois

$CO_2 + H_2O \longrightarrow C\ orga + O_2$ — P'_2 ⎭

Fixation de C non photosynthétique

$^{\times}CO_2 \longrightarrow C^{\times}\ orga$ — F fois

- flacon obscur :

Respiration à partir de C orga préexistant et fixation non photosynthétique.

La différence au comptage après filtration est donc :

$P - R_1 + P'_1$

Mais R_1 et P_1' sont voisins (comme d'ailleurs R_2 et P'_2 : RYTHER, 1956 a - b) d'où

$P - R_1 + P'_1 \approx P$ qui permettra de mesurer la production nette.

On voit que cette différence ne donne aucune indication directe quant au phénomène de respiration.

L'expérience en général dure 6 h, à partir du (ou jusqu'au) midi solaire. Mais ceci n'étant pas normalisé, les expériences peuvent être menées différemment. Les résultats sont alors difficilement comparables, l'intensité photosynthétique variant aux différentes heures du jour.

Pour ce seul procédé du ^{14}C, très peu de valeurs numériques sont directement comparables d'une publication à l'autre ou d'un auteur à l'autre. Les sources possibles d'incertitudes sont nombreuses ; interférences entre photosynthèse et respiration, excrétion de carbone, mesure des radioactivités, pertes à la filtration, heure et durée des expositions... (SOURNIA, 1971). Certains auteurs introduisent des facteurs de correction pour exprimer leurs résultats ; correction de respiration et de recyclage (STEEMANN NIELSEN, 1952 : + 6 % pour obtenir la production brute), de discrimination isotopique, de pertes à la filtration... Mais ces facteurs dépendent, en réalité, des conditions physiologiques et techniques et sont difficiles à évaluer. Les résultats sont donc donnés en précisant exactement le mode expérimental et les éventuelles corrections utilisées. Sans compensation de respiration-recyclage, la méthode fournit en fait une valeur intermédiaire entre la production nette et la production brute (SOURNIA, 1971).

Il existe à partir de comptage de ^{14}C et de mesure d'énergie lumineuse des déterminations mathématiques de la production nette. Pour chaque profondeur, des incubations *in situ* simulées sont effectuées, sous lumière artificielle à différentes intensités ; pour chaque profondeur également, l'évolution de l'éclairement au cours du temps est déterminée. On en déduit les valeurs de la production en fonction du temps, d'où la production diurne (JITTS et al, 1971).

2 - Détermination par la méthode de l'oxygène dissous

Elle est obtenue en déterminant la différence entre l'oxygène dissous contenu dans une bouteille claire et dans une noire après douze ou vingt quatre heures d'illumination, puis en calculant la quantité correspondante de carbone fixé.
Remarque : Quant on veut déterminer une production primaire benthique ou pélagique due par exemples aux Sargasses (grandes algues plantoniques) on ajoute à l'eau prélevée contenue dans les flacons les échantillons correspondants.

Pendant l'expérience, on peut schématiser les réactions faisant intervenir O_2 ainsi :

- flacon clair :

Photosynthèse $CO_2 + H_2O \longrightarrow C\ orga + O_2$ P fois

Respiration $C\ orga + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ R fois

Photosynthèse à partir de CO_2 obtenu par respiration

$CO_2 + H_2O \longrightarrow C\ orga + O_2$ P' fois

- flacon obscur :

Respiration uniquement.

La différence de contenu de O_2 entre les 2 flacons est proportionnelle à :

P + P' qui permettra de mesurer la production brute.

Tout ceci admet qu'il y a toujours une mole de CO_2 qui disparait pour une de CO_2 qui apparait ou inversement, ce qui n'est pas toujours le cas. Certains auteurs emploient un coefficient d'assimilation O_2/CO_2 = 1,25 (O_2 et CO_2 en nombre de moles).

Cette méthode est peu précise dans les eaux oligotrophes où la différence de contenu de O_2 entre les deux flacons est faible. L'augmentation de la durée de l'expérience (au delà de 24 h) ne peut pas pallier cet inconvénient, au contraire : les bactéries qui se développent dans ces bouteilles fermées, se multiplient plus vite

(donc respirent davantage) dans les flacons noirs, à l'abri de la lumière et des radiations ultraviolettes.

Le même inconvénient existe dans la méthode du ^{14}C. Il semble que l'incubation ne doive pas dépasser 6 h. Au delà, les taux de carbone fixé par les bactéries deviennent significativement plus grands dans les flacons obscurs d'une part, d'autre part dans le cas d'eaux oligotrophes, cette assimilation non photosynthétique devient relativement trop grande.

Remarquons encore pour ces deux méthodes les points suivants :

- le phytoplancton, enfermé dans un flacon, n'a plus aucun degré de liberté. Il est maintenu arbitrairement à une certaine profondeur *(in situ)* ou sous un certain éclairement *(in situ* simulé). En surface par exemple, il peut donc être plus facilement inhibé par de trop fortes intensités lumineuses et la production serait sous-estimée ;

- les bouteilles employées sont généralement en pyrex d'épaisseurs variables, absorbant donc plus ou moins les U.V. Or, il est probable que ceux-ci atténuent la production phytoplanctonique de surface (STEEMANN NIELSEN, 1964 ; JITTS et al, 1976). La production serait donc surestimée.

3 - Détermination par la mesure de la quantité de chlorophylle A

La chlorophylle *a* jouant un rôle fondamental dans la photosynthèse, il est logique de penser que la production brute va dépendre à la fois de la quantité de chlorophylle a et de l'intensité lumineuse. De nombreux chercheurs ont établi des relations approchées.

Pour la région qui nous intéresse, certains auteurs déterminent la production brute (uniquement ou parallèlement à la production nette) par la méthode chlorophylle *a* - rayonnement solaire de RYTHER, YENTSCH (1957). L'énergie lumineuse est, soit mesurée, soit déterminée grâce aux tables de KIMBALL (1928).

MARGALEF (1961) estime que la production nette annuelle en gC/m^2 est environ égale à 500 fois la valeur de la concentration en chlorophylle *a* exprimée en mg/dm^2.

4 - Déterminations par mesures de variations de concentrations en oxygène et en phosphates.

Ce sont des méthodes peu employées :

RILEY (1957) pour l'oxygène en Mer Caraïbe, RICHARDS (1960) pour les phosphates au littoral vénézuélien. Dans ce cas, la production nette est estimée d'après la différence entre les concentrations de phosphate avant et après fixation. La quantité de phosphore assimilée est convertie en masse de carbone correspondante produite (FLEMING, 1940). Cette méthode ne peut être appliquée qu'en milieu riche en éléments nutritifs. Le phosphore obtenu par régénération est alors négligeable devant les quantités disponibles dans le milieu.

Malheureusement les résultats de ces différentes techniques ne sont guère similaires.

Nous avons déjà vu pour chacune des deux premières méthodes, les causes de divergences possibles. La méthode chlorophylle *a* - rayonnement solaire est peut être encore plus discutée, les causes de variations de quantité de chlorophylle d'une population naturelle étant multiples (KETCHUM et al, 1958 ; STRICKLAND, 1960).

Le rapport production nette sur production brute, varie énormément suivant les conditions. Il peut être d'environ 0,90 - 0,95 pour une population phytoplanctonique saine en développement (respiration 5 à 10 % de la photosynthèse totale). Mais si le taux de croissance est faible ou nul, le rapport peut tendre vers zéro (photosynthèse contrebalançant la respiration), spécialement en eau pauvre en éléments nutritifs (KETCHUM et al, 1958).

Les conclusions pourtant ne doivent pas être aussi catégoriques : RABINOWITCH (1951) montre que la respiration est nettement stimulée par les produits de la photosynthèse. Il en résulte que les populations stagnantes respirent moins et que le rapport envisagé peut être comparable à celui d'une population en expansion. Ce rapport peut tout au plus indiquer l'état physiologique du milieu, mais on pourra difficilement comparer la production brute déterminée en un lieu à la production nette d'un autre, même en tenant compte de facteurs correctifs.

Par contre, on pourra comparer plus aisément un site où auront été déterminées à la fois les productions nettes et brutes avec des sites pour lesquels seule l'une des deux aura été mesurée. Ainsi, par l'intermédiaire des résultats acquis au niveau du premier site, les caractéristiques des autres pourront être discutées.

Les résultats peuvent être exprimés de diverses façons :

- une production à une profondeur donnée s'évalue en :
  g (ou mg) de carbone fixé/m^3/h (ou par jour).
  une production sous 1 m^2 de surface d'eau, sur toute l'épaisseur de la couche euphotique est indiquée en :
  g (ou mg) de C/m^2 /h (ou par jour).

Elle se détermine graphiquement en portant les productions par m^3, par unité de temps en fonction des profondeurs en mètres et en calculant les aires sous la courbe obtenue.

Il faut remarquer que la correspondance entre masse de carbone par heure et par jour n'est pas évidente. On multiplie en général la première par 10 (STEVEN, 1971 ; WANDERS, 1976) ou 12 (durée en h de l'éclairement par jour) pour avoir la seconde. Mais ceci dépend de la période et de la durée de l'incubation choisies.

Tableau 1 - Production primaire en Mer des Sargasses

Stations/Méthodes	^{14}C	chl*a* - Soleil	Variations O_2 flacons	Variations O_2 *in situ*
MER DES SARGASSES	STEEMANN NIELSEN (1952) 0,05 g C/m^2/jour		RILEY (1939 26 mg C/m^3/jour	RILEY (1957) 0,27 g C/m^2/jour
	STEEMANN NIELSEN ET JENSEN (1957) 0,043-0,075 g C/m^2/jour		RILEY et al (1949) 0,46 g C/m^2/jour	
Bermudes	MENZEL et RYTHER (1960 0,20 (0,05 à 0,83) g C/m^2/jour	0,44 (0,13 à 2,00)		
Croisière 24 Crawford	RYTHER ET MENZEL (1960) 1,0 au N-O à 0,1 au S g C/m^2/jour			
Croisière 37 Crawford	RYTHER et MENZEL (1961) 0,12 au N 0,05 au S g C/m^2/jour	0,21 au N 0,09 au S		
	^{14}C *in situ*	^{14}C simulé	^{14}C lumière	
SCOR Discoverer Expedition	SAIJO (1973) 0,07 g C/m^2/jour en surface , 0,64	JITTS (1973) en mg C/m^3/h : 0,82	JITTS et al (1976) 0,67	

Tableau 2 - Production primaire dans les zones avoisinant le Golfe du Mexique
a : KONDRATIEVA et SOSA (1966) cité par MARGALEF (1969).

Stations / Méthodes	^{14}C	
FLORIDE		
Détroit de Floride	CORCORAN et ALEXANDER (1963) ~ 0,2 g C/m^2/jour (100 à 0,5)	
Large sud-ouest	KABANOVA et LOPEZ BALUJA (1973) 0,5 à 1,4 g C/m^2/jour : fortes productions 100 mg C/m^3/jour max. en surface	
Détroit de Floride	0,1 à 2,8 mg C/m^3/jour	faibles productions
DETROIT DU YUCATAN	0,1 à 2,8 mg C/m^3/jour	faibles productions
CUBA		
Côte sud-ouest	0,1 à 2,8 mg C/m^3/jour	faibles productions
nord-ouest	200 mg C/m^3/jour max.	fortes productions
	Méthode non connue	
Côte nord-ouest	KONDRATIEVA et SOSA (1966)[a] 0.15 à 0.40 g C/m^2/jour	

Tableau 3 - Production primaire au voisinage d'Hispaniola et Porto Rico

Stations/Méthodes	^{14}C *in situ*	^{14}C simulé	^{14}C lumière
HISPANIOLA			
SCOR Discoverer Expedition Windward passage	SAIJO (1973) 0,16 g C/m²/jour en 0,59	JITTS (1973) surface, en mg C/ m³/ h : 0,88	JITTS et al (1976) 0,93
Côte nord	0,12 g C/m²/jour en 0,89	surface, en mg C/ m³/ h : 1,29	1,01
	^{14}C		Chl a
PORTO RICO			
large nord	STEEMANN NIELSEN et JENSEN (1957) 0,056 g C/m²/jour		
Côte sud :	BURKHOLDER et al (1967)		MARGALEF (1961)
large	5 mg C/m³/h en I lumineuse saturante		0,01 - 0,07 g C/m²/jour
récifs			0,05 - 0,11
baies	45 mg C/m³/h avec max. de : 900 en floraison		0,25 en floraison

- 313 -

Tableau 4 - Production primaire en Caraïbe
b : RYTHER (1955) : cité par RICHARDS et VACCARO (1956)

Stations / Méthodes	^{14}C	chl *a* - soleil	
MER CARAIBE en général	RYTHER (1955)[b] 0,27 g C/m^2/jour STEEMANN NIELSEN et JENSEN (1957) 0,06 - 0,14 - 0,19 g C/m^2/jour		
	MARGALEF (1969) : 0,11 à 0,33 g C/m^2/jour		
JAMAIQUE large sud	BEERS et al. (1968) 0,11 g C/m^2/jour (0,03 à 0,28)	0,18 g C/m^2/jour (0,08 à 0,52)	
	^{14}C *in situ*	^{14}C simulé	^{14}C lumière
SCOR Discoverer Expedition	SAIJO (1973) 0,18 g C/m^2/jour	JITTS (1973)	JITTS et al (1976)
	en surface en mg C/m^3/h :		
	1,55	1,27	1,50

Tableau 5 - Production primaire au niveau des Petites Antilles

Stations / Méthodes	^{14}C	chl *a* - soleil
MARTINIQUE	MARTINET (1977)	
littoral atlantique	3,65 mg C / m^3/h	
SAINT VINCENT	INGHAM et MAHNKEN (1966)	
large caraïbe	0,0477 g C/m^2/jour	
large atlantique	0,0249 g C/m^2/jour	
BARBADE		
large	STEVEN (1971) 0,433 ± 0,329 g C/m^2/jour (0,031 à 1,130)	BEERS et al (1968) 0,38 g C/m^2/jour (0,19 à 0,62)
littoral	0,288 ± 0,224 g C/m^2/jour (0,037 à 1,283)	
littoral	SANDER et STEVEN (1973) 2,13 - 2,10 - 1,89 mg C/m^3/h en s'éloignant de la côte.	
large	0,44 mg C/m^3/h	
GRENADE		
large	BALLESTER et MARGALEF (1968) 0,05 à 0,3 g C/m^2/jour	CURL (1960) 0,115 g C/m^2/jour

Tableau 6 - Production primaire au littoral vénézuélien.
b : RYTHER (1955) cité par RICHARDS et VACCARO (1955)
c : RICHARDS (1960) croisière 246 Atlantis et croisière Crawford (2 - 1958)
d : HAMMER (1967) cité par MARGALEF (1969)

Stations / Méthodes Résultats g C/m^2/jour	^{14}C	chl *a* - soleil	variations O_2 flacons		variations PO_4^{---}
				avec correction respiration	
CURACAO					
Production benthique			WANDERS et WANDERS - FABER	(1974)	
côte N-E algues brunes			10,6	7,0	
côte S-O corallienne			11,2	4,7	
			WANDERS (1976)		
côte S-O corallienne			15,5	6,4	
CARIACO (zone)	RYTHER (1955)[b]	CURL (1960)			RICHARDS (1960)[c]
Golfe	0,35	0,53 à 3,75			2,8 à 5,7
Fosse	0,48	0,32 - 1,40 - - 0,78 de la côte au large, avec max. 2,30			0,14
	HAMMER (1967)[d] (méthode non connue) : 1 à 4				
Péninsule Paria Margarita	BALLESTER et MARGALEF (1968) 0,5 à 1,04 2,12 max.				
		CURL (1960)			
LAC MARACAIBO		1,23 max			
GOLFE du VENEZUELA		1,20 max			
RIVIERE MAGDALENA					
Embouchure E		0,750			
Embouchure O		0,011			
GOLFE DE DARIEN		0,150			

BIBLIOGRAPHIE

BALLESTER (A.), MARGALEF (R.). - Estudios sobre el ecosistema pelagico del N-E de Venezuela. Produccion primaria.- Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle, 70, 71, 72, 207-221, 1968.

BEERS (J.R.), HERMAN (S.S.). - The ecology of inshore plankton populations in Bermuda. Part. I. Seasonal variation in the hydrography and nutrient chemistry.- Bull. Mar. Sci., 19 (2), 253-278, 1969.

BEERS (J.R.), STEVEN (D.M.), LEWIS (J.B.).- Primary productivity in the Caribbean Sea off Jamaïca and the tropical north Atlantic off Barbados.- Bull. Mar. Sci., 18 (1), 86-104, 1968.

BURKHOLDER (P.R.), BURKHOLDER (L.M.), ALMADOVAR (L.R.).- Carbon assimilation of marine Flagellate blooms in neretic waters of southern Puerto Rico.- Bull. Mar. Sci., 17 (1), 1-15, 1967.

CARPENTER (E.J.), COX (J.L.).- Production of pelagic *Sargassum* and a blue-green epiphyte in the western Sargasso Sea.- Limnol. Oceanogr., 19 (3), 429-436, 1974.

CARPENTER (E.J.), McCARTHY (J.J.).- Nitrogen fixation and uptake of combined nitrogenous nutrients by *Oscillatoria (Trichodesmium) thiebautii* in the western Sargasso Sea.- Limnol. Oceanogr., 20 (3), 389-401, 1975.

CARPENTER (E.J.), PRICE IV (C.C.).- Marine *Oscillatoria (Trichodesmium)* : Explanation for aerobic nitrogen fixation without heterocysts.- Sciences, 191, 1278-1280, 1976.

CORCORAN (E.F.), ALEXANDER (J.E.).- Nutrient, chlorophyll and primary production studies in the Florida current.- Bull. Mar. Sci. Gulf & Carib., 13 (4), 527-541, 1963.

CORCORAN (E.F.), ALEXANDER (J.E.).- The distribution of certain trace elements in tropical sea water and their biological significance.- Bull. Mar. Sci. Gulf & Carib., 14 (4), 594-602, 1964.

CURL (H. Jr.).- Primary production measurements in the north coastal waters of South America.- Deep - Sea Res., 7, 183-189, 1960.

FEBRES-ORTEGA (G.A.).- Isanosteric analysis of the eastern caribbean waters during winter.- Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 11, (1), 19-34, 1972.

FLEMING (R.H.).- The composition of plankton and units for reporting populations and production.- Proc. sixth pacif. Sci. Congr. Calif., 3, 535-540, 1940.

GADE (H.G.).- On some oceanographic observations in the south-eastern Caribbean Sea and the adjacent atlantic Ocean with special reference to the influence of the Orinoco River.- Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 1, 287-342, 1961.

GORDON (A.L.).- Circulation of the Caribbean Sea.- J. Geophys. Res., 72 (24), 6207-6223, 1967.

HAMMER (L.).- Die primar - produktion im Golf von Cariaco (Ost-Venezuela). Int. Revue ges. Hydrobiol., 52, 757-768, 1957.

HARVEY (H.W.). - Recent advances in the chemistry and biology of sea water.- Cambridge, England, The University Press, 7, 164 p., 1945.

INGHAM (M.C.), MAHNKEN (C.V.W.).- Turbulence and productivity near St Vincent Island B.W.I. - A preliminary report.- Carib. J. Sci., 6 (3-4), 83-87, 1966.

JITTS (H.R.). - Simulated in situ photosynthesis, incubator quanta *vs* time.- In : Data Report - SCOR Discoverer Expedition, May 1970. TYLER Edit., Scripps Institution of Oceanography Report. Series 73-16, B 1-39, 1973.

JITTS (H.R.), MOREL (A.), SAIJO (Y.).- The relation of oceanic primary production to available photosynthetic irradiance.- Aust. J. Mar. Freshwat. Res. 27, 441-454, 1976.

KABANOVA (Yu), LOPEZ BALUJA (L.).- Primary production in the southern region of the Gulf of Mexico and the vicinity of the north western coast of Cuba.- Ser. Oceanol. Inst. Oceanol., Habana, 13, 34 p., 1973.

KETCHUM (B.H.), RYTHER (J.H.), YENTSCH (C.S.), CORWIN (N.).- Productivity in relation to nutrients.- Cons. Int. Explor. Mer. Rapp. et P..V., 144, 132-140, 1958.

KIMBALL (H.H.).- Amount of solar radiation that reaches the surface of the earth on the land and on the sea, and methods by which it is measured.- Mon. Weath. Rev., 56, 393-399, 1928.

KONDRATIEVA (T.M.), SOSA (E.).- Productividad primaria de los aguas cubanas.- Est. Inst. Oceanologia Acad. C. Cuba., 2, 21-44, 1966.

MARGALEF (R.).- Hidrografia y fitoplancton de un aréa marina de la costa meridional de Puerto Rico.- Inv. Pesq. 18, 33-96, 1961.-

MARGALEF (R.).- El ecosistema pelagico del Mar Caribe.- Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle, 29 (82), 5-36, 1969.

MARTINET (J.).- Etudes de quelques paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux littorales atlantiques de la Martinique.- Thèse de 3e cycle, Université de Bordeaux I, 1977.

MARTINET (J.), SAINT-FELIX (C.).- Production primaire des eaux littorales atlantiques de la Martinique.- En cours de publication. Nouv. Agron. Antilles-Guyane 4, 2, 1978.

MENZEL (D.W.), RYTHER (J.H.).- The annual cycle of primary production in the Sargasse Sea off Bermuda.- Deep-Sea Res., 6, 351-367, 1960.

MENZEL (D.W.), RYTHER (J.H.).- Nutrients limiting the production of phytoplankton in the Sargasso Sea, with special reference to iron.- Deep-Sea Res., 7, 276-281, 1961.

MENZEL (D.W.), SPAETH (J.P.).- Occurence of iron in the Sargasso Sea off Bermuda.- Limmol. Oceanogr., 7, 155-158, 1962.

OKUDA (T.).- Chemical oceanography in the south Atlantic Ocean, adjacent to northeastern Brazil.- Trabs. Inst. Biol. Mar Oceanogr., Univ. do Recife, 2 (1), 155-174, 1960.

RABINOWITCH (E.I.).- Photosynthesis and related processes.- Intersci. publis., New York, vol. 1, 1951.

REDFIELD (A.C.), KETCHUM (B.H.), RICHARDS (F.A.).- The influence of organisms on the composition of sea water.- In : the sea, HILL Edit., Intersci. publis. new York, vol. 2, 26-77, 1963.

RICHARDS (F.A.).- Some chemical and hydrographic observations along the north coast of South America. I. Cabo Tres Puntas to Curaçao, inclusing the Cariaco Trench and the Gulf of Cariaco.- Deep-Sea Res., 7, 163-182, 1960.

RICHARDS (F.A.), VACCARO (R.F.).- The Cariaco Trench, an anaerobic basin in the Caribbean Sea.- Deep-Sea Res., 3, 214-228, 1956.

RILEY (G.A.).- Plankton studies. II. The western north Atlantic, May-June, 1939.- J. Mar. Res., 2, 145, 1939.

RILEY (G.A.).- Phytoplankton of the north central Sargasso Sea.- Limnol. Oceanogr., 2, 252-270, 1957.

RILEY (G.A.), STOMMEL (H.), BUMPUS (D.F.).- Quantitative ecology of the plankton of the western north Atlantic.- Bull. Bingham Oceanogr. Coll., 12 (3), 1-169, 1949.

RYTHER (J.H.).- The measurement of primary production.- Limnol. Oceanogr., 1 (2) 72-84, 1956-a.

RYTHER (J.H.).- Inter-relation between photosynthesis and respiration in the marine Flagellate *Dunaliella euchlora*.- Nature, 178 (4538), 861-862, 1956-b.

RYTHER (J.H.), YENTSCH (C.S.).- The estimation of phytoplankton production in the ocean from chlorophyll and light data.- Limnol. Oceanogr., 2, 281-286, 1957.

RYTHER (J.H.), MENZEL (D.W.).- The seasonal and geographical range of primary production in the western Sargasso Sea.- Deep-Sea Res., 6, 235-238, 1960.

RYTHER (J.H.), MENZEL (D.W.).- Primary production in the southwest Sargasso Sea. January-February 1960.- Bull. Mar. Sci. Gulf. & Carib., 11, 381-388, 1961.

RYTHER (J.H.), MENZEL (D.W.), CORWIN (N.).- Influence of the Amazon River outflow on the ecology of western tropical Atlantic. I. Hydrography and nutrient chemistry.- J. Mar. Res., 25, 69-83, 1967.

SAIJO (Y.).- *In situ* photosynthesis, *in situ* quanta *vs* time. In : Data Report.- SCOR Discoverer Expedition, may 1970.- TYLER Edit., Scripps Institution of Oceangraphy Report, Series 73-16, A 1-42, 1973.

SANDER (F.), STEVEN (D.M.).- Organic productivity of inshore and offshore waters of Barbados : a study of the island mass effect.- Bull. Mar. Sci., 23 (4) 771-792, 1973.

SOURNIA (A.).- Cycle annuel du phytoplancton et de la production primaire dans les mers tropicales.- Mar. Biol., 3, 283-303, 1969.

SOURNIA (A.). - Mesure de la productivité primaire des océans par la méthode du ^{14}C.- In : L'énergie nucléaire et ses applications biologiques à Madagascar, Colloque mai 1971. Terre malg., n. spéc., 12, 251-267, 1971.

SOURNIA (A.), RICHARD (M.). - Phytoplankton and its contribution to primary productivity in two coral reef areas of French Polynesia.- J. exp. Mar. Biol. Ecol. 21, 129-140, 1976.

STEEMANN NIELSEN (E.).- The use of radioactive carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea.- J. Cons., 18, 117-140, 1952.

STEEMANN NIELSEN (E.). - On a complication in marine productivity work due to the influence of ultraviolet light.- J. Cons., 19, 130-135, 1964.

STEEMANn NIELSEN (E.), JENSEN (E.A.). - Primary oceanic production. The autotrophic production of organic matter in the oceans.- Galathea Rep., 1, 49-136, 1957.

STEVEN (D.M.).- Primary productivity of the tropical western Atlantic Ocean near Barbados.- Mar. Biol., 10 (3), 261-264, 1971.

STRICKLAND (J.D.H.). - Measuring the production of marine phytoplankton.- Bull. Fish. Res. Bd. Canada, 122, 172 p., 1960.

STURGES (W.). - Water characteristics in the Caribbean Sea.- J. Mar. Res., 23 (2), 147-162,.1965.

SVERDRUP (H.U.), JOHSON (M.W.), FLEMING (R.H.). - The Oceans. Their physics, chemistry and general biology.- New-York, Prentice Hall, 2nd edition, 1087 p., 1946.

VOLLENWEIDER (R.A.). - A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments inclusing a chapter on Bacteria.- TALLING et WESTLAKA Edit. Oxford & Edinburgh, Blackwell, I B P Handbook n° 12, 273 p., 1969.

WANDERS (J.B.W.). - The role of benthic algae in the shallow reef of Curaçao (Netherland Antilles). I. Primary productivity in the coral reef.- Aquat. Bot. 2, 235-270, 1976.

WANDERS (J.B.W.), WANDERS-FABER (A.). - Primary productivity of the S-W coast shallow reef and N-E coast brown algae of Curaçao.- Br. phycol. J., 9, 223-224, 1974.

RESUME

Dans la région étudiée, on distingue trois zones importantes :

- les Bermudes et la Mer des Sargasses environnante (limite sud : 30° N environ).

Les eaux sont semi-tropicales. La production est saisonnière avec de hauts niveaux en hiver et au début du printemps et de bas niveaux en fin de printemps, été et au début de l'automne. Les variations sont moins accusés qu'en climat tempéré mais la production annuelle est aussi importante.

- le voisinage de la Floride et les Antilles jusqu'à Grenade (de 30° N à 12 ou 13° N).

Les eaux sont tropicales. La production varie apparemment au hasard autour d'une valeur moyenne, faible en général.

Ces deux zones sont caractérisées par des eaux claires, de faibles concentrations en éléments nutritifs et des vitesses rapides de recyclage de ces sels. Ceci semble contrôler les niveaux de production. La différence essentielle est la stratification des eaux tropicales qui empêche tout brassage des eaux plus profondes et plus riches.

Cependant, sous l'influence de turbulences cycloniques et anticycloniques, du passage des eaux sur les rochers ou récifs ou de l'apport des rivières et mangroves, après les pluies, en baies protégées, les eaux peuvent se trouver enrichies. Il leur correspond alors de plus fortes productions.

- le littoral nord de l'Amérique du Sud.

C'est une zone à remontée d'eaux, plus riches en sels nutritifs que les eaux décrites ci-dessus. La production est élevée à moins qu'elle ne soit limitée par de fortes turbidités ou par d'importantes quantités de phytoplancton.

SUMMARY

MARINE PRIMARY PRODUCTION IN THE CARIBBEAN

ZONE. BIBLIOGRAPHICAL REVIEW

In the studied area, there are three important regions.

- Bermuda and surrounding Sargasso Sea (south limit : about 30° N).

Waters are semi-tropical. The production is seasonnal with high levels in the winter and early spring, low levels in the later spring, summer and early fall. These levels are less extreme than for temperate waters but the annual rate is as high.

- The vicinity of Florida and the West Indies to Grenada (from 30°N to 12 or 13°N).

Waters are tropical, the production varies apparently at random around a mean value which is generally low.

These two regions are characterized by clear waters with low concentrations of nutrients and rapid re-cycling of them. These factors seem to control levels of

production. The essential difference is the stratification of tropical waters which prevents any mixing with deeper and richer waters.

But, with cyclonic and anticyclonic eddies, water movement on rocks and reefs or runoffs from rivers and mangroves in protected inshore areas, after rains, waters may be enriched. There are consequently higher productions.

The northern coast of South America.

It is a region of upwelling which is the source of nutrients. The production is high unless phytoplankton or silt concentrations reduce the light available for photosynthesis.

RESUMEN

PRODUCCION MARINA PRIMARIA EN LA ZONE

DEL CARIBE. ENSAYO BIBLIOGRAFICO

En la región estudiada, se distingue tres zonas importantes :

- Las Islas Bermudas y el Mar de los Sargazos proxima (limite sur : 30° N aproximadamente).

Las aguas son semi-tropicales. La producción es ajustada a estación con altos niveles en invierno y a principios de primavera y bajos niveles a principios de otono y fines de primavera. La variaciones son menos fuertes que en clima templado pero la producción anual es igualmente importante.

- Las cercanias de la Florida y de las Antillas hasta Granada (desde 30°N hasta unos 13° 14° N).

Las aguas son tropicales. La producción varia en apariencia al azar alrededor de un valor medio, bajo en general.

Estas dos zonas estan caraterizadas por aguas claras, de baja concentración en nutrientes y de grandes velocidades de recirculacion de estas sales. Esto parece reglar los niveles de producción. La diferencia primordial es la estratificación de las aguas tropicales que impide toda mezcla con las aguas mas profundas y mas ricas.

Sin embargo, bajo la influencia de turbulencias ciclonales y anticiclonales, del transito de las aguas sobre los penascos o los arrecifes o de las aportaciones de los rios y manglares, despues de las lluvias en bahias protegidas, las aguas pueden encontrarse enriquecidas. Les corresponden entonces las mas altas producciones.

- Las costas del norte de América de Sur.

En una zona de surgencia de aguas mas ricas en sales nutrientes que las aguas descritas mas alto. La produccion es menos alta si no es que este limitada por fuertes turbiedades o por importantes quantidades de fitoplancton.

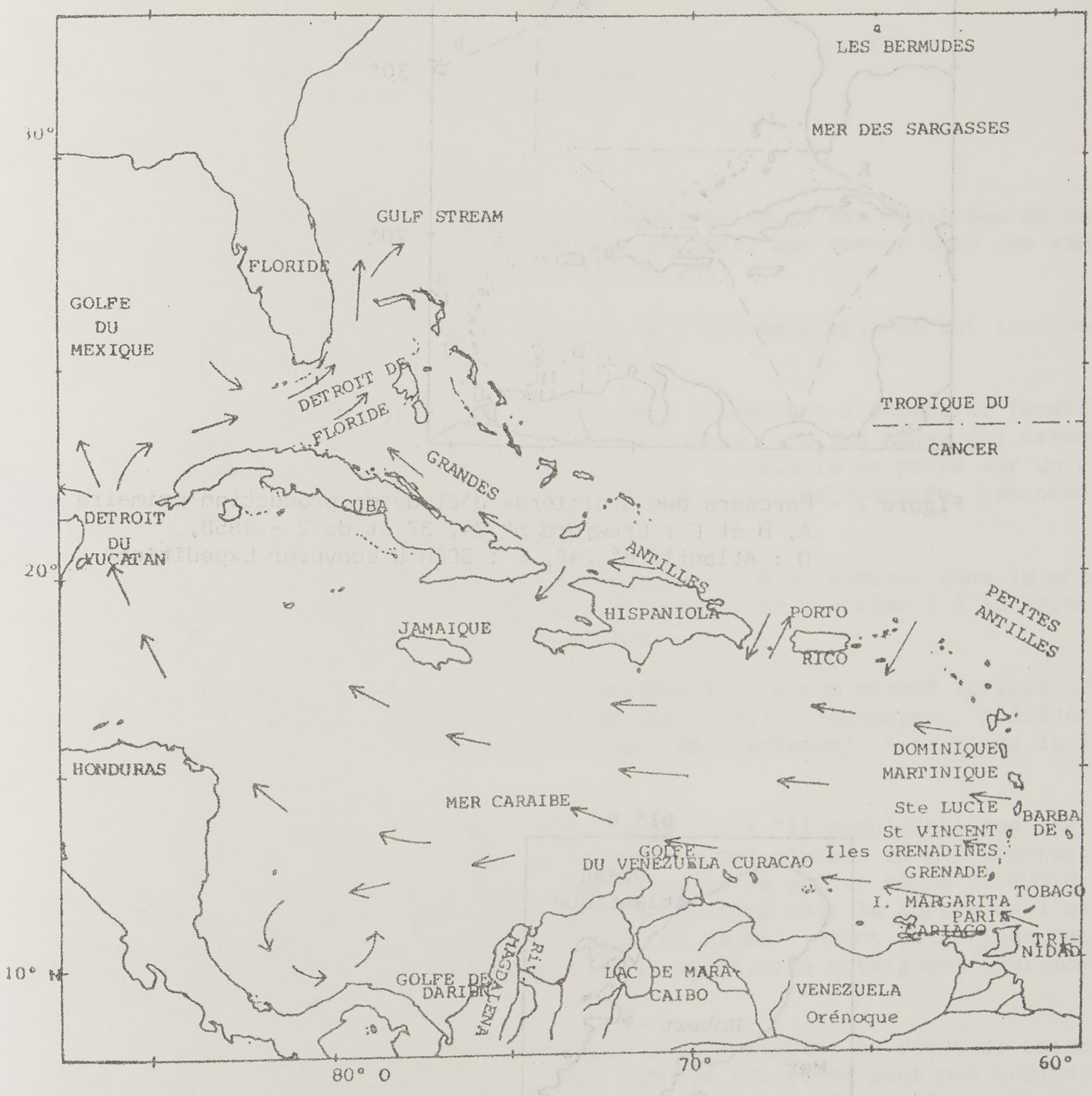


Figure 1 - Province caraïbe et principaux courants superficiels.

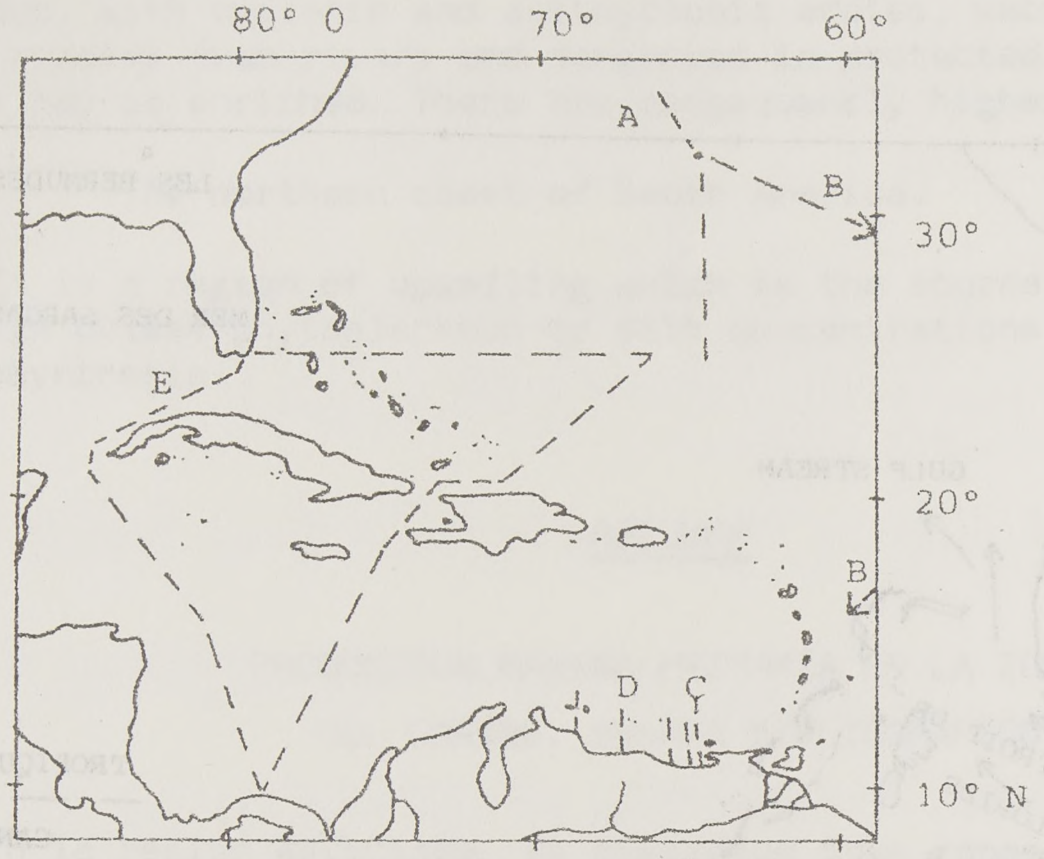


Figure 2 - Parcours des croisières d'étude de production primaire
A, B et C : Crawford n° 24, 37 et du 2 - 1958,
D : Atlantis n° 246, E : SCOR Discoverer Expedition.

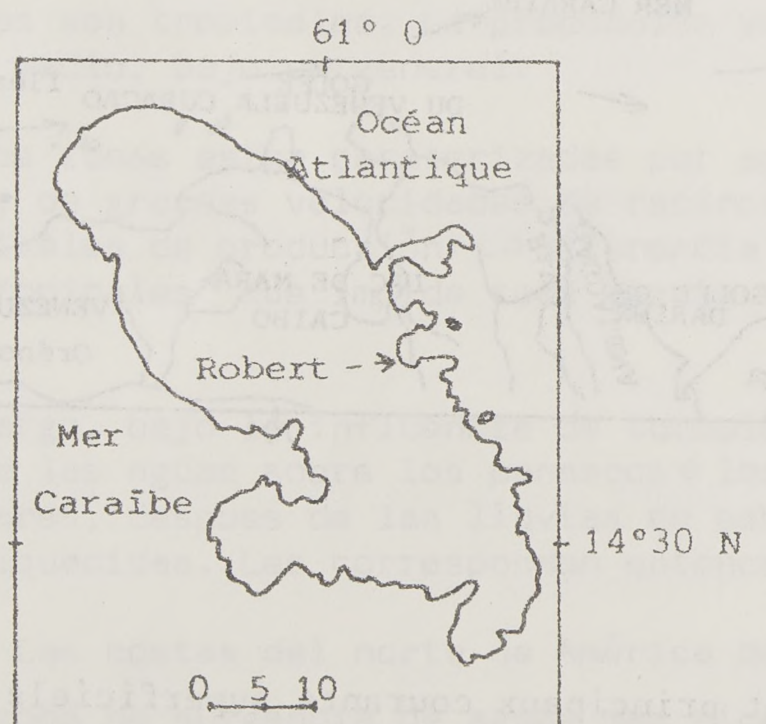


Figure 3 - Carte de la Martinique

Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 325-337, 1978.

INFLUENCE DE L'ETAT HYDRIQUE DU SOL SUR LES PULLULATIONS D'*EXACOLUS GUYANENSIS* SCHEDL. SCOLYTE DU MAHOGANY EN GUADELOUPE : UNE PREMIERE APPROCHE

J.F. CORNIC [°]

INTRODUCTION

Hexacolus guyanensis serait un ravageur primaire des Méliacées et particulièrement de *Swietenia macrophylla* KING ce qui est assez peu commun chez les représentants de la tribus des *Ipini* à laquelle il appartient.

Ce que l'on sait de la biologie et de l'épidémiologie de cet insecte peut se résumer succinctement de la manière suivante :

Les insectes qui migrent sur un tronc, traversent l'écorce et forent dans le phloème une chambre d'accouplement. Il semble que ce soit les mâles qui creusent cette première galerie ; puis les femelles creusent la galerie de ponte sur un plan horizontal (10-12 mm de long) de part et d'autre de l'orifice d'entrée. Les oeufs sont déposés de chaque côté de cette galerie.

Le cycle est très rapide et s'effectue en 2 à 3 semaines dans le phloème. Selon le diamètre de l'arbre, 1 à 3 générations peuvent se succéder à l'intérieur d'un même sujet, amenant son déssèchement rapide.

Généralement les attaques sont décelées à un stade avancé lorsque la circulation de la sève commence à diminuer et que les feuilles jaunissent, précédant de peu la mort de l'arbre (1 à 2 mois après le début de l'attaque). A ce stade le foyer est déjà bien développé.

De plus, d'après les observations effectuées "il semblerait que les attaques soient déjà importantes au moment de la reprise des pluies, ce qui voudrait dire que le début des attaques correspondrait avec celui de la saison sèche" (GRUNER, 1974). Cette période a été reconnue comme étant la plus critique pour la survie de l'arbre et se situe habituellement vers les mois d'Avril et de Mai, avant la période des pluies (en Amérique centrale) quand la température et la sécheresse atteignent leur maximum d'intensité. (LAMB, 1966).

Enfin, lorsque les foyers d'attaque sont nettoyés, en début de saison des pluies (Juin) par des coupes sanitaires, mais que les arbres ne sont pas brûlés, il se produit sur les arbres voisins des attaques qui avortent, les scolytes étant noyés dans la sève.

INFLUENCE DU CLIMAT ET DES FACTEURS EDAPHIQUES

Ces observations générales, ajoutées au fait que les foyers sont de dimensions limitées à l'intérieur des parcelles, nous ont amené, en 1977, à mettre en place une expérimentation conjointe avec la Station d'Agronomie du CRAAG (M. DE CRECY) visant à mettre en évidence le rôle du climat et du sol dans le déterminisme des attaques d'*Hexacolus guyanensis* sur les plantations de Mahogany.

(°) Station de Zoologie et Lutte Biologique - I.N.R.A. - Antilles-Guyane, Domaine Duclos 97170 - Petit-Bourg (Guadeloupe)

Cette expérimentation a été conduite sur la plantation témoin de "Castarel" (Vernou) o ù les reboisements s'étendent sur trois terrasses qui ont été définies sur le plan pédologique, (Annexes 1,2,3).

ANTECEDENTS DES PLACETTES

La terrasse n° 1, bordant la Grande Rivière à Goyave est, depuis plusieurs années l'objet d'attaque de Scolytes se produisant tous les ans pendant le carême (Saison sèche).

La terrasse n° 2, environ 20 m au-dessous de la première a vu quelques attaques se produisant en bordure de sentier sur des arbres blessés ou malades (arbres creux). Ceci étant peut être dû à un pourrissement des racines.

La terrasse n° 3, 30 m au-dessus de la 2ème n'a jamais subi d'attaque ;

Afin de déterminer quel pouvait être l'importance des différences entre terrasses sur l'état hydrique du sol ; des prélèvements de sol aussi réguliers que possible ont été, et continuent d'être effectués à 5-10 cm et 30-40 cm de profondeur sur les 3 placettes de manière à suivre l'évolution des fluctuations de l'humidité relative.

Les résultats obtenus de février à octobre 1977 sont résumés dans les graphiques 1 à 3.

RESULTATS

On voit que le profil n° 1 est beaucoup plus sensible que les deux autres au dessèchement ; lequel est maximum entre le 9 mars et le 6 avril (environ 35 % d'humidité naturelle) du fait de l'absence quasi totale de pluies importantes (+ de 8 mm) qui seules profitent au sol (entre le 22 février et le 8 avril, 13,6 mm le 8 mars, 19,5 le 26 mars, 7,3 mm le 30 mars).

Une autre période allant du 15 juin au début août est aussi marquée par une sécheresse relativement importante précédant le début brutal de l'hivernage. (Saison des pluies).

Le profil n° 2 maintient constamment une humidité naturelle élevée (+ de 50 %) ce que pouvait laisser prévoir sa situation et sa tendance à l'hydromorphie.

Le profil n° 3 est intermédiaire entre les 2 autres, le dessèchement du sol n'atteignant jamais des niveaux catastrophiques (42 % minimum).

C'est durant cette période de grande sécheresse (mars) que sont apparues les attaques de Scolytes dans la parcelle n° 1. Aucune attaque n'a été constatée dans les deux autres parcelles qui ne sont pourtant séparées l'une de l'autre que d'environ 200 mètres. (Des attaques larvées ont été constatées fin Janvier début Février, mais elles n'ont présenté aucun développement notable jusqu'au début Mars). En 1978, année où le carême fut pratiquement inexistant, on n'a pas constaté d'attaque du Scolyte.

On voit donc qu'il se dégage une liaison (qu'il reste à confirmer) entre attaque de Scolyte et sècheresse.

Si on tente de définir la quantité maximum d'eau disponible pour les arbres (P.F. 3 - P.F. 4,2 en fonction de la profondeur de la zone colonisée par les racines), on obtient les résultats suivants :

P_1 = 71 mm P_2 = 105 mm P_3 = 50 mm

Ces chiffres sont pour les points 1 et 3, en contradiction apparente avec les graphiques montrant l'évolution de l'humidité naturelle au cours de l'année.

On peut en déduire que l'on se trouve en présence de 3 sols à régime hydrique différents.

Si le profil n° 2 est presque toujours sursaturé (hydromorphie) ; on constate que le n° 3 dispose d'un fort volant d'inertie pour l'eau, ce qui est peut être dû à la présence sur plus d'un mètre d'un pseudosable homogène non colonisé par les racines.

Dans le profil n° 1, au contraire, l'eau est prélevée plus vite (présence de racines profondes, et passage progressif à une zone caillouteuse), ce qui amène un assèchement plus rapide du sol et provoque plus vite, et surtout de manière plus durable, un stress favorisant l'attaque et l'implantation définitive du Scolyte sur l'arbre (génération de 15 jours à 3 semaines).

Lorsque le stress est de courte durée les attaques avortent car les scolytes se trouvent noyés dans le flux de sève.

L'étude des corrélations pouvant exister entre la teneur en eau libre des deux horizons étudiés permet d'autre part de mettre en évidence une liaison plus forte (pourcentage d'explication plus élevée) entre les 2 niveaux de prélèvements pour la troisième terrasse R_3 = 0,74, alors qu'elle n'est respectivement que de 0,52 pour la première terrasse et 0,58 pour la deuxième ; ce qui peut être interprété comme une plus grande homogénéité entre les 2 horizons de la troisième plateforme.

De plus si, pour les mêmes paramètres, nous déterminons la droite de régression selon la technique de TESSIER (moindres rectangles), nous obtenons les équations suivantes :

1e terrasse $Y = 1,10\ x - 30,46$
2e terrasse $Y = 0,90\ x - 12,87$
3e terrasse $Y = 0,55\ x + 19,67$

ou x est l'humidité naturelle du prélèvement de surface (5-10 cm) et Y l'humidité naturelle du prélèvement de profondeur (30-40 cm) qui sont instructives à bien des points de vue.

- Si on considère la pente ; on constate que sa valeur élevée (1,1 et 0,9) pour les 2 premières terrasses peut signifier qu'elles se dessèchent plus rapidement que la troisième (il n'est pas tenu compte des différences dans les niveaux d'humidité naturelle) qui reste en équilibre plus longtemps ; l'ensemble du profil se desséchant moins vite.

- L'ordonnée à l'origine, négative dans les deux premières terrasses montre que le sol a une tendance à se dessécher plus rapidement en profondeur qu'en surface. (En effet, pour une diminution minime de la valeur de x, on obtient une valeur beaucoup plus basse de Y), ce qui pourrait être dû à la plus grande porosité du sol sur ces deux terrasses et au passage progressif à une zone caillouteuse de l'horizon B ; ainsi qu'à la présence d'un horizon Ao et A1 bien développé retenant l'humidité. Ce phénomène, ajouté au fait que les racines colonisent bien le profil dans les deux cas pourrait amener une moindre disponibilité en eau pour l'arbre lors des périodes sèches.

L'ordonnée à l'origine est positive pour la troisième terrasse, ce qui signifie que, quelle que soit la teneur en eau des horizons de surface, le sol garde en profondeur une humidité naturelle relativement élevée. Comme, d'autre part, la pente de la droite est voisine de 0,5, on voit que la circulation de l'eau doit se faire de manière plus régulière, ce qui parait normal dans un sol homogène comme celui de cette terrasse.

Ces quelques tentatives sommaires d'explication des différences dans le fonctionnement hydrique des trois terrasses sont évidemment préliminaires puisqu'elles ne portent que sur 10 prélèvements (l'analyse sera prochainement étendue à l'ensemble des échantillons soit de Février 1977 à Septembre 1978) et que, d'autre part, elles ne tiennent pas compte des prélèvements d'eau libre effectués par les racines des arbres au niveau des horizons étudiés.

Cependant, si grossières soient-elles, elles peuvent contribuer à une meilleure compréhension des relations existant entre l'eau, le sol et l'arbre dans le contexte guadeloupéen.

I - ETUDE DE DEUX PULLULATIONS DE SCOLYTES

A la lumière des résultats préliminaires obtenus lors de l'étude des liaisons entre facteurs climatiques et édaphiques et les pullulations de Scolyte on peut tenter d'expliquer 2 infestations, l'une ancienne, l'autre récente.

1°/ Foyer 1972 dans la pépinière de Celus (1961) (GRUNER, 1974) (voir tableau)

Dans le secteur de Duclos, les pluies sont abondantes avec un minimum de Décembre à Mars, cependant, le carême (saison sèche) peut se prolonger jusqu'en Juin.

Pour l'année 1972, les précipitations ont été relativement abondantes bien que très inégalement réparties à l'intérieur d'un même mois.

En effet, du 2 au 17 mars on ne trouve qu'un jour apportant plus de 10mm de pluie (19,8 mm le 6 mars). Cette période, faisant suite aux deux dernières décades de Février particulièrement sèches, a permis le plein développement de l'attaque amenant le jaunissement des feuilles des arbres. Cependant les pluies abondantes de la fin du mois ont empêché le développement de nouvelles attaques ; seules évoluant en avril et mai les populations sur les arbres déjà fortement atteints en Mars. Au début du mois de juin le foyer est presque éteint.

Cependant la fin du mois de juillet, particulièrement sèche a permis à une légère attaque (4 arbres) de se développer à partir d'une implantation sur des arbres moins vigoureux (dominés) au mois de Juin. Les descendants de cette population n'ont pu s'implanter au mois d'Août, les pluies étant plus abondantes et surtout mieux réparties en Août, Septembre et Octobre.

Il faut ajouter que dès la fin Mars l'intervention d'un facteur biologique (mycose) s'est superposé à des facteurs climatiques défavorables pour hâter l'extinction du foyer, les populations résiduelles de scolytes étant très faibles (50 à 80 % d'*Hexacolus* mycosés).

Le foyer étudié à Desbonnes à la même époque après une coupe sanitaire peut être expliqué de manière similaire, le phénomène étant aggravé d'une part par une pluviométrie quantitativement inférieure et moins bien répartie, le relief plus accusé favorisant par ailleurs un ruissellement plus important et par conséquent une moindre pénétration de l'eau dans le sol.

2°/ Foyer Desbonnes (1977) : pépinière naturelle derrière attaque de Scolytes

Ce foyer qui a été repéré à la mi-Février 1977 n'existait pas fin Décembre.

TABLEAU

DUCLOS - Relevé journalier et par décade 1er février au 30 septembre 1972.

Date	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
1	41.0	45.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	113.5
2	23.5	1.3	1.5	2.2	0.0	1.5	0.0	14.1
3	1.5	1.4	0.0	1.7	92.2	4.5	4.4	6.1
4	30.0	4.4	0.6	2.0	2.2	8.3	14.0	0.4
5	3.3	0.3	0.0	4.0	0.7	8.4	19.0	0.0
6	1.7	19.8	0.0	2.0	0.0	0.7	7.2	11.8
7	1.7	0.0	1.0	TR	0.0	1.9	14.1	0.0
8	TR	0.0	2.7	3.1	0.0	1.3	4.6	0.3
9	9.6	2.0	2.0	1.1	21.2	40.0	61.2	0.0
10	0.5	0.0	0.0	2.5	0.4	0.0	45.7	2.4
11	8.5	0.0	0.0	TR	4.7	0.6	0.0	0.0
12	0.0	0.0	14.8	TR	0.0	1.2	0.0	11.4
13	2.0	8.7	5.5	TR	8.8	15.0	0.0	31.6
14	4.9	9.5	56.8	10.0	2.8	2.0	2.5	25.8
15	1.0	0.0	23.4	3.2	24.2	0.0	0.0	20.2
16	0.0	3.0	0.0	1.5	21.2	0.0	0.7	0.0
17	TR	1.8	2.7	7.5	2.1	0.0	0.0	0.0
18	0.0	66.7	8.2	34.7	0.4	0.0	0.0	13.0
19	0.4	25.7	0.0	51.0	3.7	5.8	0.0	14.2
20	0.0	0.7	0.0	0.0	0.7	2.4	14.1	2.7
21	2.0	0.0	0.0	3.0	16.7	18.2	1.6	3.0
22	15.2	14.6	0.0	6.5	0.8	7.9	0.3	2.3
23	0.8	47.0	9.1	6.4	0.0	1.7	3.0	49.1
24	4.5	18.5	6.7	16.4	4.3	0.0	9.3	17.9
25	6.7	13.9	0.0	18.2	1.5	0.0	31.3	21.8
26	0.6	15.8	1.8	11.2	9.0	0.0	0.2	0.3
27	3.3	4.4	18.5	12.2	0.1	1.1	4.3	15.1
28	25.5	0.0	37.0	TR	19.5	7.3	5.5	0.2
29	7.3	5.0	41.5	26.1	6.8	0.0	0.0	9.4
30		0.0	0.0	12.4	0.0	0.0	32.0	5.0
31		0.0		39.5		0.0	3.8	
1° décade	112.8	74.2	7.8	19.2	116.7	66.6	170.2	148.6
2° décade	16.8	116.1	111.4	107.9	68.6	37.0	17.3	118.9
3° décade	65.9	119.2	114.6	151.9	58.7	36.2	91.3	124.1
TOTAL	195.5	309.5	233.8	279.0	244.0	139.8	278.8	391.6

Réduite à une quinzaine d'arbres, l'attaque semble en progression. Trois semaines plus tard d'autres arbres étaient attaqués, trois arbres avaient perdu leurs feuilles.

Fin Avril, l'attaque ne semblait pas avoir progressé (ce mois a présenté 4 jours de pluie de plus de 10 mm dont 2 de plus de 30 mm et un de plus de 50 mm) les arbres les moins attaqués repartent. Le 1er Juin, les arbres attaqués jaunissent et de nombreux autres présentent des débuts d'attaques. Le foyer est bien établi et se développe en Juillet et début Août (période sèche) les arbres perdent leurs feuilles. Mais le foyer ne semble plus s'étendre et se limite à la pépinière. Début Septembre après un mois et demi présentant une forte pluviométrie (hivernage) aucun arbre ne montre d'attaque récente. Tous les arbres infestés sont morts (présence de termites).

Il faut noter que çà et là quelques individus survivent sans présenter de traces de Scolytes.

Là encore on note l'attaque en saison sèche et son extinction avec l'arrivée de la saison des pluies.

II - CAS DES ATTAQUES SUR LES ARBRES ISOLES

On constate de manière sporadique des attaques sur des arbres isolés. Il s'agit généralement :

- soit de sujets malades dont les racines sont asphyxiées par les conditions d'hydromorphie du sol comme c'est le cas sur la deuxième terrasse de Castarel. Dans ce cas, l'infestation se développe et tue l'arbre, mais le foyer ne se développe pas.

- soit d'arbres blessés par la chute d'individus voisins ou de bois d'éclaircie. Lorsque cette attaque se produit en saison des pluies, le foyer ne se développe pas ; mais en saison sèche ou carême, l'attaque peut prendre un développement explosif, particulièrement dans les forêts soumises à des éclaircies.

Ce développement très rapide du foyer peut être dû à différents facteurs parmi lesquels nous avons retenu :

1) l'ensoleillement des troncs, qui peut provoquer une élévation de température de l'écorce et par conséquent un développement plus rapide du scolyte, ou encore son assèchement rapide qui peut favoriser l'attaque par l'insecte.

2) le retrait de la couverture végétale qui favoriserait l'évaporation au niveau des couches superficielles du sol et entrainerait son assèchement relatif de manière plus rapide et plus durable.

La combinaison de ces deux facteurs aboutissant à créer des conditions de développement plus rapide de l'insecte et la mise à sa disposition d'un plus grand nombre de sujets stressés, donc susceptibles d'être attaqués.

CONCLUSIONS

Le travail faisant l'objet du présent mémoire est à l'évidence préliminaire, mais il pose un certain nombre de problèmes qui sont déjà abordés et que nous envisageons d'approfondir.

Il faut en particulier savoir à partir de quelle teneur en eau du phloème et de l'écorce se produisent les attaques et pour quelles valeurs elles sont maximales, mais nous ne pourrons pas aborder l'étude des causes du phénomène à savoir les variations de la pression osmotique de la sève ni ceux des oléorésines et terpènes libérés qui favorisent l'attaque et l'implantation des Scolytes, ces problèmes nécessitent en effet la présence des spécialistes d'autre desciplines.

Un autre point est la biologie de l'insecte et son éthologie, c'est-à-dire son comportement vis à vis des troncs à des stades de dessèchement variés ce qui pose le problème de l'adaptation aux conditions fluctuantes du milieu nutritionel pour une colonisation plus ou moins rapide et le maintien d'un niveau minimum de population ; nous serons donc amené à envisager des variations dans la "qualité des populations" de scolytes répondant à des variations de la qualité du milieu.

Une meilleure connaissance de tous ces problèmes devrait nous amener à une meilleure compréhension de l'épidémiologie des attaques et par conséquent à la définition de techniques de contrôle du Scolyte du Mahogany.

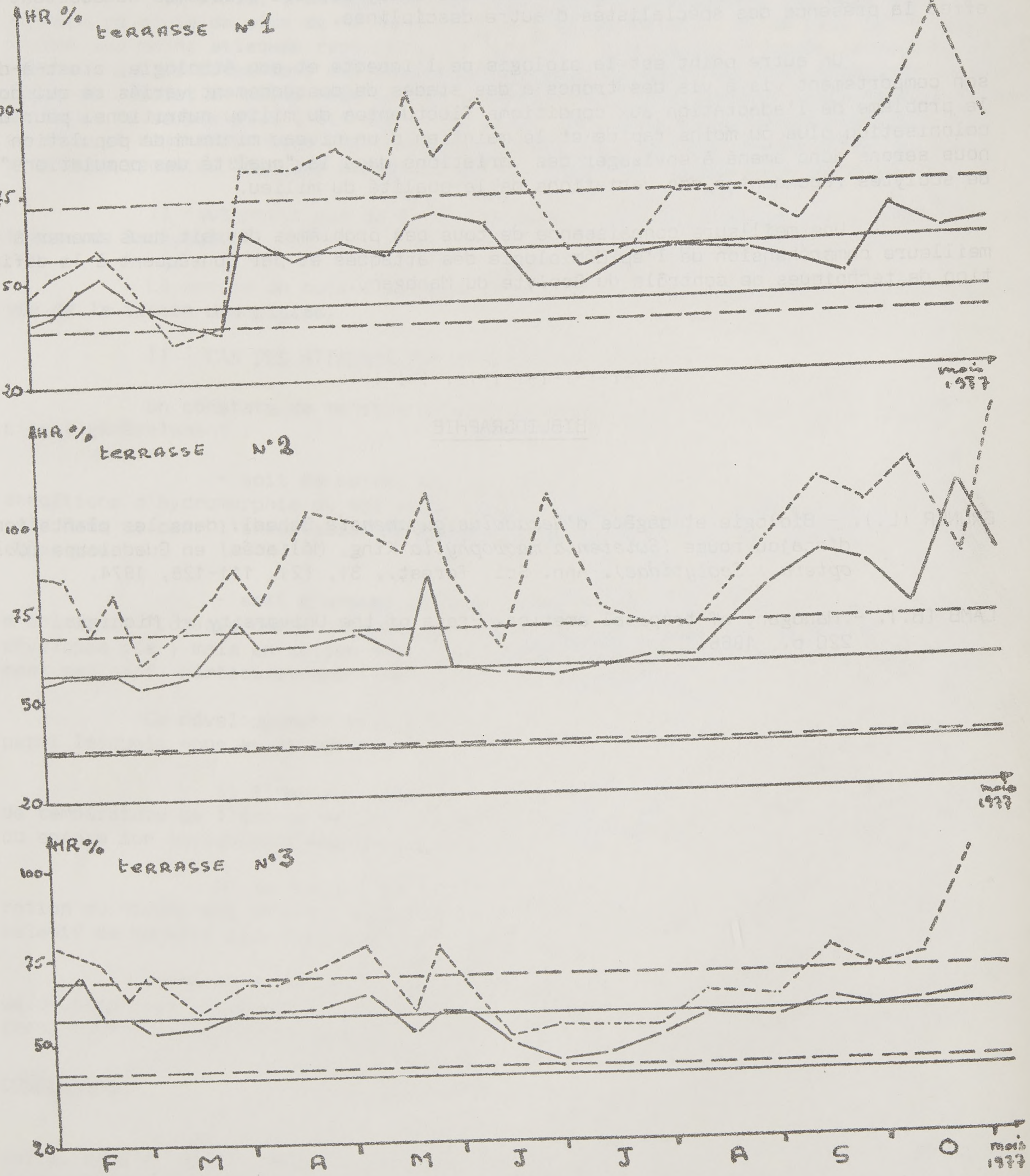
-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-

BIBLIOGRAPHIE

GRUNER (L.). - Biologie et dégâts d'*Hexacolus guyanensis* Schedl. dans les plantations d'acajou rouge *(Swietenia macrophylla* King, Méliacée) en Guadeloupe *(Coleoptera : Scolytidae)*. Ann. Sci. forest., 31, (2), 111-128, 1974.

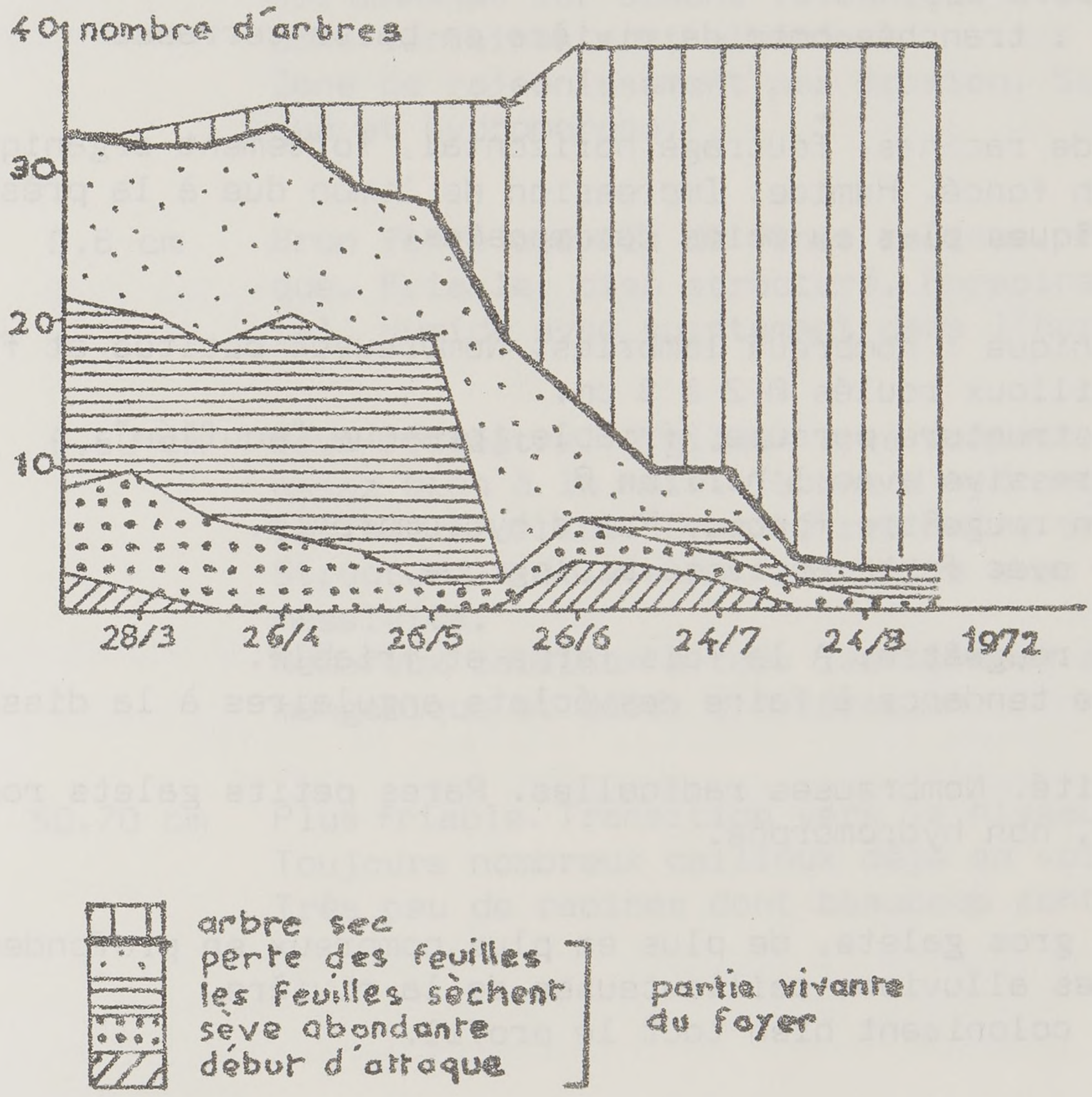
LAMB (B.). - Mahogany of tropical america. Press of the University of Michigan, 220 p., 1966.

Evolution des humidités relatives du sol
des 3 terrasses de Castarel (Vernou)
de Février à Octobre - 1977



horizontales supérieures ——— PF3 à 5cm —— PF3 à 30cm

horizontales inférieures ——— PF 4,2 à 5cm —— PF 4,2 à 30cm.



EVOLUTION DE LA PARCELLE PEPINIERE de "CELUS" en 1972

ANNEXE I

CASTAREL : Profil pédologique (n° 1) d'après M. de CRECY.

Type de sol : alluvions ferrallitiques sur lit caillouteux
Plantation de Mahogany Grande-feuilles 1956
Zone à forte attaque de scolyte

Emplacement : tranchée bord de rivière en basse terrasse

A° 0.5 cm : Entrelacis de racines, feutrage horizontal, fortement organique
Couleur brun foncé. Humide. Impression de limon due à la présence de matière organiques plus ou moins décomposées.

A^1 5.15 cm Niveau organique : nombreux lombrics. Nombreuses petites et fines racines.
Quelques cailloux roulés Ø 2 à 3 cm.
Très bonne structure poreuse, friable, presque "souflée".
Limite progressive avec l'horizon B
Couleur brun rougeâtre foncée. Pas d'hydromorphie.
Milieu sain avec forte activité biologique.

B 15.50 Brun ocre à rougeâtre. A la fois ferme et friable.
Pseudo-sable tendance à faire des éclats angulaires à la dissociation des mottes.
Bonne porosité. Nombreuses radicelles. Rares petits galets roulés.
Milieu sain, non hydromorphe.

50 + Présence de gros galets, de plus en plus nombreux en profondeur rejoignant le niveau des alluvions caillouteuses de la rivière.
Les racines colonisent bien tout le profil.

Echantillons humidité naturelle %

0.5	150.0
5.15	54.0
30	45.0

ANNEXE II

CASTAREL : Profil pédologique (n° 2) d'après M. de CRECY

Mahogany. Emplacement : sur un replat localisé entre la basse terrasse et le plateau.
Sol dévelppé sur brèche volcanique avec de nombreuses roches dont certaines sont altérées.
Zone de rajeunissement par érosion. Sol ferrallitique tronqué et hydromorphe.

A° .A1	0.6 cm	Brun foncé chevelu de fines racines. Forte activité biologique. Friable, bien structuré. Enracinement nettement horizontal. Humide avec suintement dans l'horizon B.
B1	6.50 cm	Brun rougeâtre. Argileux très compact, s'effrite cependant assez bien à la main. Taches d'hydromorphie et présence de racines pourries. Densité racinaire très faible. Structure à éclatement angulaire avec une tendance à la massivité. Nombreux cailloux à tous les niveaux avec pellicules ferromanganique et début d'altération.
B2	50.70 cm	Plus friable. Transition vers le niveau d'altération. Toujours nombreux cailloux déjà en voie d'altération. Très peu de racines dont beaucoup sont mortes ou pourries.

Echantillons	humidité naturelle %
0.6	102.0
20.40	53.0
60.70	57.0

ANNEXE III

CASTAREL : Profil pédologique n° 3 d'après M. de CRECY.

Profil situé sur un plateau
Plantation Mahogany. Pas d'attaque de scolyte
Type de sol : Ferralitique typique (orthotype)

A. 0.6 cm — Niveau organique brun foncé. Racines horizontales avec émission de radicelles verticales jusqu'à 20 à 30 cm
Bonne structure et bonne porosité.
Limite nette avec l'horizon B

B. 6.80 cm — Horizon très uniforme et homogène jaune-rouge.
Pseudo sable ferme. typique du ferralitique de Guadeloupe sur andésite.
Pas d'hydromorphie. Nombreux cristaux de quartz.
Absence de racines à partir de 30 cm

Echantillons humidité naturelle %

0.6	124.0
20.40	63.0
60.80	66.0

RESUME

Le stress hydrique est un facteur bien connu favorisant les attaques des Scolytes. Nous examinons donc, à partir de l'analyse pédologique de trois placettes comment évolue l'humidité du sol pendant l'année et tentons une explication de ces différences. Après analyse de deux pullulations de Scolytes en Guadeloupe nous donnons, en conclusion, les orientations des recherches pour les années à venir.

SUMMARY

INFLUENCE OF THE SOIL WATER LEVEL ON THE SWARMING OF *EXACOLUS GUYANENSIS* SCHEDL., MAHOGANY *(SWETENIA MACROPHYLLA)* BARK BETTLE, IN GUADELOUPE : A FIRST APPROACH

It is well known that trees weakened by drought are susceptible to bark beetle injuries. On this basis, studies of Pedology and water content of soil are made and we give a provisional explanation of the differences in bark beetles attacks for the 3 studied areas.

After an analysis of 2 outbreaks of *Hexacolus guyanensis*, conclusive remarks give the ways of researchs for the 2 following years.

RESUMEN

INFLUENCIA DEL ESTADO HIDRICO DEL SUELO SOBRE LAS PULULACIONES DE EXACOLUS GUYANENSIS SCHEDL., ESCOLITIDO DE LA CAOBA *(SWETENIA MACROPHYLLA)* EN GUADELOUPE : UNA PRIMERA APROXIMACION

El deficit hídrico es un factor bien conocido para favorecer ataques de escolítido. Entonces se estudia, con el analisis pedológico de tres zonas de caoba, la evolución de la humedad del suelo por el año y se propone una explicación de estas diferencias.

Despuès del analisis de dos pululaciones de escolitidos, se presenta en conclusión, las orientaciones de las investigaciones para los años futuros.